



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
22-23 ноября 2018 г.

ЧАСТЬ 1

Рубцовск 2018

УДК 62

С 56

Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 22-23 ноября 2018 г. Часть 1 / Под ред. к.т.н., доцента В.В. Гриценко; к.т.н., доцента Г.Ю. Ястребова / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2018. – 1224 с.

В сборник материалов научно-практической конференции «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы», проходившей в Рубцовском индустриальном институте 22-23 ноября 2018 года, вошли статьи ученых, аспирантов и студентов вузов России и зарубежья, посвященные различным направлениям естественных и технических наук.

Материалы конференции могут быть интересны студентам, аспирантам, преподавателям школ, среднеспециальных и высших учебных заведений, широкому кругу читателей.

Стилистика текстов сохранена в авторской редакции.

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов.

ISBN 978-5-9907711-7-8

Научные редакторы:

Дудник Е.А. - к.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой «Прикладная математика», председатель секции «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Гриценко В.В. - к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии машиностроения и пищевых производств», председатель секции «Прогрессивные технологические процессы и оборудование»

Ястребов Г.Ю. - к.т.н., доцент кафедры «Наземные транспортные системы», председатель секции «Наземные транспортные системы»

Михайленко О.А. - к.т.н., и.о. зав. кафедрой «Строительство и механика», председатель секции «Строительные технологии, машины, механизмы»

Гончаров С.А. - к.т.н., зав. кафедрой «Электроэнергетика и электротехника», председатель секции «Энергосбережение и повышение энергоэффективности»

Чернецкая Н.А. - к.т.н., доцент кафедры «Наземные транспортные системы», председатель секции «Проблемы экологической безопасности»

Обухова Г.А. - к.ф.-м.н., доцент кафедрой «Прикладная математика», председатель секции «Физико-математические науки»

Ремизов Д.В. - к.э.н., и.о. зав. кафедрой «Экономики и управления», председатель секции «Экономика и управление в машиностроительном производстве»

Технический секретариат:

Войнаш С.А., Гамалеева М.А., Супрунова К.А.

ISBN 978-5-9907711-7-8

© Рубцовский индустриальный институт, 2018

СОДЕРЖАНИЕ	
Секция 1 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	
К.А. Батенков. Моделирование источников трафика в программе Riverbed.....	13
Н.С. Баулина. Применение одноплатного компьютера Milestone в процессе обучения.....	18
А.Е. Боброва, Е.В. Никитенко. Локализация вещественных корней многочлена с использованием возможностей языка программирования Python.....	20
Т.В. Гавриленко. Применение системы LMS Moodle в обучении автоматизированному проектированию автомобильных дорог.....	24
А.Б. Голованчиков, Н.А. Прохоренко. Моделирование материального баланса с учётом продольной диффузии в ректификационной колонне.....	28
А.Б. Голованчиков, К.В. Чёрникова, Е.Д. Шушканова, А.А. Крюкова. Алгоритм расчета концентрирования растворов в процессе обратного осмоса.....	34
Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева. Применение экономико-математического моделирования для прогнозирования цен на полимерную пленку.....	38
А.М. Гринь, Г.В. Орехова. Математическое моделирование движения штангового опрыскивателя.....	44
Л.В. Гриценко, Е.А. Дудник. Автоматизация расчета роторного распылительного испарителя а также расчет параметров выпарной установки на его базе.....	52
Л.А. Грищенко, В.М. Белов. Системы обнаружения вторжений: проблемные вопросы использования и предложения по повышению эффективности.....	56
Е.А. Дудник, Т.С. Нагих, В.Г. Дудник. Моделирование структурных превращений с использованием пакета LAMMPS.....	62
В.Г. Дудник, Д.А. Фартышев. Реализация алгоритма разузлования в среде Delphi..	67
Д.А. Игнатков, Г.Ф. Бетенья. Тепловое состояние тонких дисков в процессе импульсного закалочного охлаждения.....	72
Ю.Н. Калайдо. Системный подход при построении математической модели поступления радона в здание.....	84
Д.Ю. Карандеев, И.Ю. Карандеева. Data Mining в среде R на примере корреляционного анализа взаимосвязи электропотребления города и внешних факторов.....	90
Н.В. Котенева, А.А. Максименко. О решениях некоторых задач контактного взаимодействия твердых тел.....	95
Б.Ф. Кузнецов, Ю.Ю. Клибанова. Статистическая модель работы бытового водонагревателя.....	100
П.А. Лисин, А.А. Слащилин. Математическое моделирование рецептурных расчетов на основе линейного программирования.....	107
А.Н. Литвинов. Математическое моделирование динамики панелей с многослойными вибродемпфирующими покрытиями.....	112
О.С. Логунова, И.И. Багаев, С.М. Логунов. Математическое описание и программная реализация информационного обеспечения системы автоматизированного управления производством.....	121
О.С. Логунова, Н.С. Сибилева, А.В. Охотниченко. Алгоритмическая сложность анализаторов для решения математической головоломки по расстановке знаков операций.....	129
А.А. Маклакова. Аналитическая система диагностики педагогического процесса в дошкольной образовательной организации.....	139

Н.В. Меламед, В.А. Соколова, С.А. Войнаш. Новые методы многокритериального принятия решений в логистике при неточных оценках экспертов.....	143
Н.М. Мирзаев, Г.Р. Мирзаева. Алгоритмы распознавания, основанные на пороговых функциях.....	150
С. Мирзалиев, А. Рустамов, Ж. Иноятходжаев. Обзор 0D моделирования гидропривода линейного перемещения в переходных режимах.....	158
Т.Д. Мирзонаботов, О.В. Аникина. Проблемы Web Mining.....	165
С.С. Нагих, В.К. Лунев. Встраиваемый модуль удалённого управления устройствами.....	168
Б.И. Островский. Конвертация текста в g-код для различных шрифтов Font to g-code conversion.....	171
Е.Е. Петров, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал. Создание математической модели для оценки коэффициента прохода зерна на экспериментальной пальцевой решётке стрясной доски зерноуборочного комбайна.....	174
Д.А. Петросов. Применение нейросетевого подхода в задачах управления эволюционной процедурой синтеза больших дискретных систем с заданным поведением.....	182
П.Н. Полежаев, Л.В. Легашев. Моделирование мультиоблачного центра коллективного доступа к удаленным рабочим окружениям и программному обеспечению.....	185
Р.Р. Рамазанов. Экономические потери от неоптимального потребления общественных услуг: графический анализ.....	191
М.Д. Романенко, А.С. Столярчук. Статистическое изучение локальных деформаций при циклической ползучести.....	197
Е.К. Сарсембенюв, В.В. Просветлюк, К.В. Меняев. Математическое моделирование процессов в топке с кипящим слоем.....	202
А.В. Скрыпников, А.А. Скрыпников. Оценка производительности каналов корпоративной сети при использовании технологии OpenVPN и SSH.....	205
В.В. Соляников, В.М. Белов, Ю.С. Суслина, Ю.А. Стрелкова. Применение алгоритма наивного байесового классификатора при построении систем защиты электронной почты от «спама».....	209
Ю.Н. Сыромьятников, С.А. Войнаш. Обоснование профиля рыхлительной лапы культиватора методом вариационного исчисления.....	215
Н.В. Тимофеев, Р.Р. Басыров. Использование систем автоматизированного проектирования в автомобилестроении.....	221
К.С. Ткаченко. Развитие компьютерных технологий информационного контура для уменьшения потерь от вредоносных атак.....	225
Ш.Х. Фазылов, Н.М. Мирзаев, Г.Р. Мирзаева. Классификация основных подходов при построении распознающих алгоритмов.....	230
Е.В. Чернышова, А.А. Скрыпников. Моделирование процесса информационной угрозы файлового сервера.....	238
В.М. Чубич, С.О. Кулабухова. Исследование эффективности некоторых робастных модификаций критерия максимального правдоподобия на примере модели Друпа.....	244
А.Н. Швецов, С.В. Дианов, Д.С. Дианов. Разработка архитектуры агент-ориентированной модели лесной экосистемы.....	249
В.О. Яблонский. Моделирование влияния пластических свойств суспензии на процесс разделения в цилиндрическом гидроциклоне.....	255
Секция 2 Прогрессивные технологические процессы и оборудование	
М.В. Алексеев, И.П. Демитрова. Технология браширования древесины.....	264

Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, К.В. Родермель. Исследование износостойкости микропористых покрытий.....	267
Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, Р.С. Черепанов. Влияние технологических факторов на шероховатость при шлифовании микропористого покрытия.....	273
М.В. Андреевко, А.В. Бальчугов. Разработка промышленного абсорбера с ударно-распылительной насадкой.....	279
А.А. Апполонов. Экстрагирование плодов яблони ягодной сибирской в поле низкочастотных механических колебаний.....	285
И.А. Аширбеков, М.Р. Джиянов. Теоретические предпосылки повышения стабильности процесса извлечения хлопка из створки производительности машинного сбора	288
Е.М. Басова. Схема затекания металла в компенсационную полость закрытого роликового калибра.....	293
В.Н. Блохин, А.М. Случевский, А.М. Гринь, В.П. Молчанов, Н.С. Прудников. Обоснование конструкций агрегатов для ухода за высокостебелевыми ягодными культурами и садовыми насаждениями.....	297
Д.Н. Бышов. Исследование статического коэффициента трения загрязнений, содержащихся в суши пчелиных сотов.....	303
Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов. Исследование адгезионных свойств загрязнений воскового сырья.....	307
Н.О. Вихрова. Аналитический обзор инноваций и технических нововведений в черной металлургии.....	311
А.А. Воробьев, Л.А. Очирова, Н.В. Кравченко, С.И. Кравчук, В.А. Басов. Анализ конструкций современных концевых фрез для обработки древесины и древесных материалов.....	319
М.П. Грехов. Планирование технологического процесса с учетом критических контрольных точек.....	327
О.Н. Грехова. Использование допусковых критериев дефектности для контроля технологического процесса.....	331
А.С. Григор, В.А. Марков, С.Ю. Ковылин. Исследование механоактивированной композиции бентонита и нанодисперсного пироуглерода методом дифференциально-термогравиметрического анализа.....	338
А.С. Григор, С.Ю. Ковылин, Д.Н. Дорохов. Стержневая смесь на основе речного песка с добавками нанодисперсного пироуглерода.....	342
А.С. Григор, С.Ю. Ковылин, А.С. Новоселов. Отверждение жидкостекольных смесей разбавленным углекислым газом.....	346
О.И. Григорьева. Инновационные технологии в лесовыращивании.....	349
А.М. Гринь. Анализ и совершенствование технологий и технологических средств борьбы с сорной растительностью в рядах малинных.....	357
В.В. Гриценко, Л.В. Гриценко. Разработка программного обеспечения для расчета многокорпусной вакуумной выпарной установки на базе роторного распылительного испарителя.....	362
С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров. Способ и устройства для геохимического мониторинга основания плотины на водорастворимых породах.....	370
Г.В. Дадашова, Г.А. Пилюшина, В.В. Сиваков. К вопросу о совершенствовании подающих устройств вальцового типа харвестерной техники.....	377
А.И. Дробина, Л.Е. Мартемьянова, Н.В. Шадрин, И.П. Шадрин. Актуальность использования муки из семян тыквы и пищевой добавки МОЛПРО–В в производстве вареных колбас.....	382
К.А. Елисеева, С.С. Грядун, В.В. Сиваков. К вопросу об эффективности плазменной резки сталей.....	386

Д.А. Зотов, В.Ф. Краснова. Обзор исследований в области переработки сухостойной и усыхающей древесины.....	388
В.А. Зубрицкий. Разработка технологии производства высокобелкового молока.....	392
В.А. Зуевский, А.И. Изикаева, Р.Н. Задорожний. Поверхностный слой углеродистой стали после электроискрового легирования.....	396
В.А. Иванов. Прогрессивные технологии устранения дефектов теплофикационного оборудования с использованием композиционных материалов.....	401
М.А. Иванов. Анализ напряженно-деформированного состояния двухтонных чугуновых изложниц при литье цинковых блоков.....	409
А.М. Кадырметов, В.Н. Бухтояров, А.В. Викулин, В.О. Воронежский, В.А. Горюшкин. Упрочнение газотермических покрытий оплавлением плазменной струей в режиме модуляции мощности плазмотрона.....	414
Н.В. Казаков, Р.Н. Кривошеева. Технология и средства автоматизации учета и идентификации круглых лесоматериалов в реальных условиях леса.....	418
В.И. Кайль, К.А. Железнова, Е.А. Новикова. Изучение сорбционных свойств «Металлорезины» на основе оксида алюминия.....	424
В.В. Капустин. Технологические пути повышения надежности и оптимизации триботехнических параметров гидравлических систем.....	427
Е.С. Катун. Технологические новинки складского оборудования и перспективы их применения в производственно-логистических комплексах.....	433
И.А. Жолобов, Е.С. Клигунов. Совершенствование технологии ремонта ковшей карьерных экскаваторов.....	437
Д.А. Колесников, С.С. Грядун. К вопросу о возможности использования операции накатки для торсионных валов.....	441
В.А. Красичков, И.В. Костик, К.С. Суворова, И.В. Марширов. Вибрация как основной фактор влияния на производительность FDM 3D-принтеров.....	444
М.А. Кузнецов, М.А. Крампит, А.Г. Крампит, Н.В. Павлов. Влияние режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры слоя.....	449
А.В. Кузьмин, И.В. Антонен. Поддержание постоянной скорости резания в токарных станках с дискретным заданием вращения главного привода.....	452
О.А. Куницкая, Т.М. Пудова. Измельчение отходов основного производства лесопромышленных предприятий.....	455
И.В. Кухар, С.Н. Мартыновская. Оборудование для обрезки деревьев и кустарников на базе трактора.....	463
В.А. Лазарев, Т.А. Титова. Перспективный способ переработки молочной сыворотки методом ультрафильтрации.....	467
О.Н. Леонова. Производство строительных материалов из низкотоварной древесины и древесных отходов.....	474
Л.Е. Мартемьянова, И.П. Шадрин, Н.В. Шадрин, А.П. Дробина. Совершенствование технологии производства замороженных полуфабрикатов в тесте с добавлением грецкого ореха и бактериального препарата «Лактомикс».....	482
И.В. Марширов, А.С. Нефедов, Е.М. Попова, В.В. Рыжиков, Д.А. Симушов. оптимизация технологии изготовления отливок с помощью систем компьютерного моделирования.....	488
Л.Ю. Махоткина, Л.Р. Ханнанова-Фахрутдинова, Н.В. Тихонова. Повышение эксплуатационных характеристик материалов технического назначения с помощью высокочастотной плазмы пониженного давления.....	493
Е.И. Мельникова, Е.Б. Станиславская. Особенности микропартикуляции творожной сыворотки.....	497
А.А. Мишина. Рений – металл будущего.....	500

Т.В. Мустафина, Г.А. Мустафин. Разработка технологии изготовления эластичных литейных форм для дента-моделей.....	502
Н.И. Мясин, Л.А. Вертаков, М.А. Попов. Анализ различных реализаций IP-АТС...	509
Х.Н. Назаров, М.Д. Молласанов. Промышленный робот, построенный на основе мультикоординатной электромехатронной системы движения.....	514
Л.А. Неменушая. Эффективные функциональные ингредиенты в пищевой и перерабатывающей промышленности.....	517
В.Г. Немтин, Д.Ю. Усов, К.Ю. Колбасюк. Инновационные решения при переработке продуктов питания в ВС РФ.....	521
К.А. Никитин. К вопросу решения проблемы смешивания трудносмешиваемых материалов.....	526
С.Г. Поминов, А.С. Николаев, Г.В. Шкитин, В.А. Шашина. Сварка трением с перемешиванием в судостроительной промышленности.....	529
К.Н. Нициевская. Исследование физико-химических свойств пастилы из плодов рябины красной.....	532
Ш.С. Нозирзода. Повышение точности механически обработанных поверхностей геохода.....	535
В.Я. Огневой. Расчет пресс-форм для прессования стальных порошковых изделий..	541
В.Н. Ожерельев, В.В. Сомин. Механизированная технология возделывания земляники садовой.....	547
Г.А. Околович, А.В. Габец, Е.О. Чертовских. Структурные особенности литых деталей.....	553
С.Н. Орловский, М.А. Кашитская. Удаление крупных пней их вырезанием по сферической поверхности.....	558
В.С. Паскарь, О.А. Рублева. Прогрессивные технологические процессы изготовления композиционных древесных материалов.....	562
В.Ю. Попов, А.С. Янюшкин, С.Ю. Звядинцева, Д.В. Говорин, Е.А. Барсукова. Определение актуальности технологических исследований по ключевым словам.....	570
А.А. Попова, И.Н. Шубин. Аппаратурное оформление процесса получения функционализированных углеродных нанотрубок.....	576
И.Я. Федоренко, Н.С. Протасов. Повышение эффективности увлажнения зерна перед помолом на малогабаритных мельничных установках.....	580
И.С. Мельников, Е.А. Разинкова, А.П. Колодезникова, А.П. Семенова. Разработка носителей прикрепленных микроорганизмов с улучшенной регенерацией.....	583
Д.А. Рычков, П.В. Архипов, А.Р. Янюшкин, Н.С. Ермоленко, В.Ю. Войтович. Исследование механического поведения высокопрочных композиционных полимерных материалов при чистовом фрезеровании.....	590
К.Б. Саидзода, М.М. Сафаров. Технология формирования тонких слоистых структур.....	595
С.А. Светлов. Сушка влажных сыпучих материалов в циркуляционной аэрофонтанной сушилке.....	599
С.А. Светлов. Получение натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы.....	604
В.В. Свищенко, А.Д. Печенкин, С.Д. Печенкина. Механизм образования глобулярных карбидов в зернистом бейните.....	607
Е.С. Семенец, В.В. Сиваков. К вопросу о повышении эффективности подшипников скольжения на основе использования древесно-металлических композиционных материалов.....	612
В.Н. Сидоренков, А.Н. Заикин. Применение сварки в машиностроении.....	617

Е.В. Стихнин. Модернизация конструкции пресс-формы литья под давлением для получения отливки №53205-6104060 «Барабан троса подъемника двери».....	622
Н. Тагандурдыева, В.Н. Нараев. Исследование закономерностей регидратации продуктов термической активации гиббсита.....	626
П.А. Тополянский, А.П. Тополянский, С.А. Ермаков. Восстановление прецизионных деталей топливной аппаратуры.....	631
Д.А. Третьяков, А.А. Альхименко, А.Р. Галяутдинова, С.А. Смирнов. Неразрушающий контроль конструкций из наноструктурированного карбида кремния методом акустоповрежденности.....	642
В.О. Тюрин, М.Э. Бондаренко, А.Ю. Бабин, А.С. Фетисов. Применение реомагнитных жидкостей в качестве смазочного материала подшипников скольжения.....	647
А.Ю. Федорова, И.П. Демитрова. Технологии искусственного состаривания древесины.....	653
И.А. Халитова, Л.Е. Мартемьянова. Закваска – полезная биоальтернатива хлебопекарным дрожжам.....	655
А.С. Хвостиков, А.В. Смирнов. Бесконтактные опоры турбомашин.....	661
Р.М. Хусайнов, П.Н. Крестьянинов, Д.Д. Сафин. О методах выбора режимов резания при фрезеровании.....	666
Н.В. Шадрина, Л.Е. Мартемьянова, И.П. Шадрин, А.И. Дробина. Разработка рецептуры и технологии мясных рубленых полуфабрикатов категории Б.....	670
Е.В. Широков, Т.А. Цыганкова, М.А. Седешев, Д.А. Симушов. К вопросу о машинном обеспечении технологического процесса получения центробежных отливок в условиях сложного движения изложницы.....	676
К.С. Ширинян, И.Р. Антибас. Исследование зависимости модуля ползучести полимера пропилена, армированного различными композитами, от фактора времени.....	683
А.Н. Шмидт, А.А. Зубанов, Р.Р. Тупенов, А.С. Союнов. Использование ротационных рабочих органов в зонах, подверженных ветровой эрозии.....	689
Л.Б. Шокиров, М.Ю. Музаффарова. Экспериментальное исследование исполнительных кулачковых механизмов.....	696
Ю.В. Янюк, Н.А. Коморников. Повышение производительности линии сушки лущеного шпона.....	699
Секция 3 Наземные транспортные системы	
А.В. Агеев. Тягово-цепные показатели колесных тракторов мощностью 50-75 кВт	705
А.Э. Аухадеев, Д.И. Тухбатуллина, П.В. Егорова. Развитие теории тягового электрооборудования городского электрического транспорта на основе концепции о построении электрической тяги.....	709
О.А. Бакумова, М.В. Полуэктов. Общий анализ методов повышения долговечности автомобильных кузовов.....	717
А.Ю. Барыкин, М.М. Мухаметдинов, Р.Х. Тахавиев, Ш.С. Хуснетдинов. К вопросу обеспечения ресурса ведущих мостов в зимних условиях эксплуатации.....	720
А.Ю. Барыкин. Исследование рациональных диапазонов блокирования межколёсных дифференциалов.....	725
Е.П. Барыльникова, А.А. Гафиятуллин, И.Р. Ахметзянов. Исследование подачи смазки к шатунному подшипнику через вращающийся коленчатый вал длинноходового двигателя КАМАЗ-740.50-360.....	729
С.В. Беляев, Г.А. Давыдкин. Проблемы применения ДМЭ в дизельных двигателях..	736

А.С. Васильев. Многофункциональная лесная машина.....	741
А.С. Войнаш, А.В. Мошкин. Режимы нагружения навесного толкателя гусеничного сортиментовоза самосвального типа.....	743
В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин, А.А. Трусов. Расчёт вероятности дорожно-транспортных происшествий на перекрестках.....	747
Н.Ю. Волков, Н.В. Бухарин, Т.В. Куценко. Подвижный агрегат контроля стационарных средств заправки и дозирования компонентами ракетного топлива....	754
Г.Д. Гаспарян, А.Б. Давтян. Перспективные принципы компоновки систем машин для создания и эксплуатации лесных плантаций.....	758
А.А. Гафиятуллин, Ф.Л. Назаров, Д.И. Нуретдинов. Разработка автоматизированного технологического комплекса испытания двигателей КАМАЗ Р6 и совершенствование программно-технических средств на стадии освоения производства.....	766
И.В. Глухова. Эффективные системы мониторинга состояния водителя как один из способов профилактики засыпания за рулем.....	771
А.В. Гончар. Оценка методов повышения эффективности автоматизированной системы контроля движения транспортных средств на УДС.....	776
И.В. Григорьев, Т.М. Пудова. Лесосечные работы при помощи одномашинных комплексов.....	780
А.А. Гриценко, Е.С. Ошкало, А.Е. Свистула. Особенности теплового расчета цикла двигателя с добавкой воды к рабочему телу.....	788
Т.С. Громова, Н.О. Новикова, О.О. Смолина. Проблемы формирования хаба на примере аэропорта «Толмачево».....	793
Л.М. Грошев, С.А. Партко, А.Н. Сиротенко. Улучшение динамических свойств зерноуборочного комбайна за счет рационального выбора массово-геометрических и упруго-диссипативных параметров ходовой системы.....	798
С.А. Дмитриев, Б.Ф. Тарасенко. Термическое сопротивление многослойной межконтактной среды.....	803
А.А. Долгушин, Д.В. Баранов. Исследование процесса КПП автомобиля КАМАЗ в межсменый период.....	808
С.В. Дорохин, Н.А. Азарова, В.А. Рудь. Проблема организации парковочных пространств в крупных городах РФ.....	812
С.В. Дорохин, А.Ю. Артемов, В.А. Зеликов, Д.В. Лихачев. Проблемы обеспечения безопасности пешеходов в непосредственной близости от образовательного учреждения.....	817
С.В. Дорохин, А.Ю. Небесная, А.А. Астанина, Д.А. Батаев. К вопросу развития транспортной инфраструктуры РФ и росту объемов международных автомобильных грузоперевозок.....	820
В.В. Дремин, Г.Г. Ахмедзянов, М.В. Ключников. Определение факторов, влияющих на ошибки в работе сортировочной горки.....	825
С.С. Жуков, В.С. Макаров, В.В. Беляков. Взаимосвязь системы адаптивного рулевого управления с движителем сельскохозяйственных транспортно-технологических машин.....	830
Р.Т. Замалтдинов, А.В. Вержиковский, Р.П. Якимова. Анализ современных решений по системам подачи природного газа.....	837
С.С. Захарова. Транспортная система г. Новосибирска в аспекте формирования транспортно-пересадочных узлов.....	840
Н.В. Зеликова, Н.И. Злобина, В.А. Зеликов, Г.А. Денисов, Е.В. Шаталов. Обеспечение безопасности функционирования наземных транспортных систем.....	846
Н.И. Злобина. Анализ аварийности на улично-дорожной сети г. Воронежа с участием пешеходов.....	851

А.А. Зубанов, А.Н. Шмидт, Р.Р. Тупенов, А.С. Союнов. Особенности подготовки техники к длительному хранению в Омской области.....	855
А.Т. Калужный, В.С. Мальцев, Р.М. Мамонтов. Анализ индукционных методов сельскохозяйственной навигации.....	859
В.А. Камерлохер, Р.В. Найман, О.В. Родионова, Т.В. Солонникова. Беспилотные автомобили семейства УРАЛ.....	865
А.А. Коростелев. Оптимизация производственных процессов автотранспортных предприятий с помощью автоматизированных логистических систем.....	871
С.А. Коростелев, А.Н. Дрючин. Сравнительная оценка влияния способа зацепления гусеничного трака с ведущим колесом на НДС арматуры пальца РМШ...	874
С.А. Коростелев, Н.В. Камарда, А.Н. Дрючин. Оценка напряженно-деформированного состояния звена гусеничной цепи с РМШ.....	878
С.А. Коростелев, Ю.В. Медведев. Влияние сил трения на напряженно-деформированное состояние внешней шины поддерживающего катка гусеничного движителя.....	885
С.А. Коростелев, Ю.В. Медведев, А.В. Горбачев. Определение напряженно-деформированного состояния резинового элемента РМШ реактивной штанги грузового автомобиля.....	892
В.Е. Коротнев, А.А. Коростелев. Использование современных технологий для обеспечения безопасности дорожного движения.....	897
В.В. Краснокутский, А.Г. Штыка, А.В. Краснокутский. Установка вала отбора мощности на грузовой автомобиль УРАЛ – 4320.....	900
Е.С. Ошкало, В.Ф. Левин. Реконструкция СТО «Check Motors», с. Шипуново, с разработкой участка приемки.....	903
А.Н. Либенков. Сравнительный анализ топливных форсунок и стендов для их диагностики и очистки.....	906
Д.С. Липовый. Совершенствование гидравлической тормозной системы легковых автомобилей.....	908
К.В. Липунов. Анализ диагностики автоматических коробок передач.....	913
А.А. Любутин. Особенности технического обслуживания и ремонта гибридных автомобилей.....	916
А.С. Любченко. Разработка методики оценки риска возникновения аквапланирования (на основе данных лазерного сканирования автомобильных дорог).....	921
А.И. Марковнина, А.В. Папунин. Исследование влияния интеллектуальных систем помощи водителю на пропускную способность городских дорог.....	929
А.И. Марковнина, А.В. Папунин. Исследование экономического эффекта от внедрения интеллектуальных систем помощи водителю.....	934
Е.А. Марчук, А.П. Федин, А.С. Богданов. Повышение адекватности в моделировании динамических процессов в реальном времени на примере нечетких моделей антиблокировочной системы торможения автомобиля.....	936
Н.Ю. Мехедова, А.М. Ковалев. Влияние видов упаковочных материалов на эффективность доставки сухих строительных смесей автомобильным транспортом..	945
В.Ю. Миндрин, С.В. Стороженко. Анализ факторов, влияющих на сцепления шины с дорожным покрытием.....	949
В.В. Минин, И.В. Ромашов, А.И. Петриков. Энергоэффективность гидравлического экскаватора при деаэрации рабочей жидкости.....	955
С.О. Митюхин. Основные направления Повышения качества автомобильных пассажирских перевозок.....	962
К.П. Михеев. Повышение безопасности легкового автомобиля применением активной подвески.....	965

Н.А. Найдено, В.Н. Коршун. Модернизация лесохозяйственного трактора.....	969
В.О. Никонов, В.И. Посметьев. Результаты имитационного моделирования тепловых процессов при аккумулировании энергии сжатого воздуха в гидроприводе лесовозного автомобиля.....	973
С.Н. Орловский. Снижение тряски в колёсном тракторе модернизацией двигателя.....	978
Н.Д. Осипов, В.В. Сиваков. Пути совершенствования дизельных двигателей для повышения их экологической безопасности.....	983
С.Г. Пархоменко. Совершенствование конструкции тракторных пневматических шин.....	986
Д.Н. Парышев, А.В. Ильтяков, О.Ю. Моисеев, А.А. Мосин, В.В. Харин, И.П. Попов. Автоматически регулируемое упругое устройство.....	995
М.В. Песенко. Ресурс электромобилей.....	999
И.М. Макаркин, А.А. Данков, Н.А. Петрищев, А.О. Капусткин, А.С. Саяпин. СТЕНД для контроля качества изготовления и ремонта ведущего вала коробок перемены передач тракторов серии К-7.....	1002
Е.Е. Петров, В.П. Жаров, А.П. Длинный, Б.Г. Шаповал. Определение закона распределения плотности вероятностей значений удельной энергоёмкости сепарации на экспериментальной пальцевой решётке стрясной доски зерноуборочного комбайна.....	1008
Е.В. Печатнова, О.П. Рябец, А.Ю. Подрезова. Линейное программирование в задачах автомобильного транспорта.....	1014
Н.Р. Пирцхалава. Транспортная логистики в высоких широтах.....	1016
А.А. Платонов, М.А. Платонова. О малоинтенсивных линиях общего пользования Уральского региона.....	1022
М.В. Полуэктов, М.С. Кочетов. Общий анализ неисправностей системы питания дизельных двигателей, оснащенных системой EGR.....	1028
К.В. Приходьков, В.Т. Ишанкулов, В.А. Проценко, М.А. Ляченков. Учет межцикловой неидентичности рабочего процесса в системах управления двигателем с искровым зажиганием.....	1031
П.Г. Пыриков, Г.В. Дадашова. К вопросу совершенствования технологии применения харвестерных машин на лесозаготовках.....	1036
Г.В. Редреев. Обеспечение рационального уровня работоспособности разномарочного парка тракторов.....	1041
М.В. Родионов, Р.С. Фаскиев. Анализ методов диагностики каталитического нейтрализатора.....	1048
Н.Н. Ромانيук, К.В. Сашко, В.А. Эвиев, С.М. Лакутя. К вопросу разработки конструкции предохранительной муфты.....	1054
С.Г. Рубец. Модернизация режущих инструментов роторной косилки для скашивания растительности на мелиорированных землях.....	1060
А.А. Руденко. Обзор организации билетов интермодальных перевозок пассажиров..	1063
Р.Н. Сафиуллин, Р.Р. Сафиуллин, Е.В. Морозов. Методологические аспекты развития многоцелевых информационно-телекоммуникационных комплексов автоматизированного контроля за движением транспортных средств.....	1068
П.К. Сеначин, А.А. Брютов, А.П. Сеначин. Моделирование турбулентного горения заряда во фронте пламени газового двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием.....	1076
С.Е. Сенькевич, З.А. Годжаев, Е.К. Васильев. Некоторые результаты экспериментальных исследований трактора класса 1,4, модернизированного гидропневматическим демпферным устройством в силовой передаче.....	1080

Д.В. Сизых, М.В. Полуэктов. Общий анализ неисправностей и диагностических признаков тормозной системы легкового автомобиля.....	1087
Г.В. Скрылёв, М.М. Девятов. Повышение безопасности дорожного движения на кривых участках загородных автомобильных дорог с применением шумовых полос и горизонтальной дорожной разметки.....	1091
С.Ф. Сороченко, Е.Ю. Ракитина. Распределение зернового вороха на стрясной доске при работе зерноуборочного комбайна на склонах.....	1096
С.Ф. Сороченко, В.А. Угаров, Н.М. Чуклин. Исследование загрузочной системы зерноочистительной машины.....	1102
Е.С. Стрекова, А.В. Горбачев. Классификация проблем, препятствующих внедрению и эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации.....	1109
П.В. Тихомиров, Н.Д. Осипов. Анализ возникновения заторов автодорог Советского района г. Брянска с применением сервиса Яндекс.Пробки.....	1117
М.М. Тлехурай, Б.Ф. Тарасенко. Модернизированное конструктивно-технологическое средство для механизированных процессов разрыхления почвенных структур.....	1121
А.Н. Токарев. Разработка конструкции двухроторного двигателя в АлтГТУ им. И.И. Ползунова.....	1129
Н.М. Филькин, Р.С. Музафаров, Р.Ф. Шаихов, А.А. Заварзин, П.Ю. Каданин, Ю.А. Чуверов. Разработка и создание высокотехнологичного производства унифицированной машины технологического электротранспорта.....	1133
А.И. Хаустов. О возможности внедрения комбинированных воинских перевозок специализированным транспортом.....	1138
А.П. Чайкин, Р.Ю. Добрецов, С.А. Войнаш. Управляемый механизм распределения мощности: кинематический и силовой анализ.....	1142
В.В. Чекунов. Анализ физико-механических свойств поверхностно упрочненных стальных деталей подвески автомобиля.....	1147
Н.А. Чернецкая, И.В. Курсов, П.О. Вотяков. О выборе энергоэффективного привода лопастного смесителя гетерогенных сред.....	1151
Д.В. Черник, З.Л. Еске. Гидроманипуляторы отечественного производителя для погрузки леса.....	1156
Д.В. Черник, А.А. Карелина. Описание и применение мобильных робототехнических комплексов.....	1164
А.Н. Шаронов, В.Н. Немтин, Е.А. Шаронов. Выбор средств подвижности для арктической техники тыла.....	1167
В.В. Швецова, Т.А. Гусева. Машины и оборудование для трелевки древесины в тяжелых условиях.....	1173
И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик, В.А. Эбиев, С.М. Лакутя. Оригинальная конструкция упругой муфты для гашения крутильных колебаний в трансмиссиях.....	1181
М.А. Шишкалова, Г.Д. Матиевский, А.Е. Свистула. Влияние двойной подачи топлива на повышение показателей эффективности дизельного двигателя.....	1184
М.Р. Юлтыев. Разработка гидростатической трансмиссии с дискретным управлением для малогабаритной техники.....	1194
В.С. Юшков, И.Г. Овчинников, К.Г. Пугин. Современные технические средства обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах.....	1202
В.Т. Яковлев, Ф.И. Салеев. Модуль рабочих органов ротационного щелевателя....	1206
К.А. Яковлев, А.А. Грянко. Современные системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в мировой практике.....	1214
Г.Ю. Ястребов, Н.А. Чернецкая, Н.А. Ларина, С.С. Волобуев. О результатах обследования пассажирской транспортной сети г. Рубцовска.....	1219

СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

**Председатель секции: кандидат физико-математических наук, заведующая
кафедрой «Прикладная математика» Дудник Евгения Александровна**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ТРАФИКА В ПРОГРАММЕ RIVERBED

К.А. Батенков

Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации

Аннотация. Источники трафика являются ключевым аспектом при моделировании сетей связи. Протекание потоков данных по сети позволяет изучать поведение и характеристики различных сетевых протоколов. Без данных источников сеть наполнена только управляющими пакетами, образованными определенными протоколами при инициализации или периодически (например, обновление статуса в протоколах маршрутизации). Однако общий объем такого управляющего трафика не велик и в результате он оказывает незначительное, если таковое всё-таки имеется, воздействие на общую производительность сети. Поэтому в большинстве случаев, чтобы провести исследование сети, жизненно необходимо, чтобы соответствующая имитационная модель включала источники трафика, которые формируют пакеты для обмена между различными узлами моделируемой сети.

Ключевые слова: *трафик, сеть передачи данных, источник, Riverbed, нагрузка.*

MODELING OF TRAFFIC SOURCES IN THE PROGRAM RIVERBED

К.А. Batenkov

Academy of Federal security service of the Russian Federation

Abstract. Traffic sources are a key aspect in the modeling of communication networks. The flow of data flows through the network allows us to study the behavior and characteristics of different network protocols. Without these sources, the network is filled only with control packets generated by certain protocols during initialization or periodically (for example, status updates in routing protocols). However, the total volume of the control traffic is not large and as a result it has little, if any, impact on the overall performance of the network. Therefore, in most cases, in order to conduct a network study, it is vital that the relevant simulation model include traffic sources that form packets for exchange between different nodes of the simulated network.

Keywords: *traffic, data network, source, Riverbed, load.*

Целью настоящей работы является попытка описать и проанализировать востребованность существующие модели источников трафика, предлагаемые к использованию программной средой Riverbed.

Riverbed предоставляет множество моделей источников трафика, которые могут быть использованы при моделировании [1]. Некоторые типы источников сконфигурированы так, чтобы работать на отдельных сетевых узлах, и могут быть созданы в простой форме, в то время как другие требуют более сложного процесса настройки.

Обычно Riverbed моделирует сетевой трафик, используя явные (точные, чётко заданные), фоновые или гибридные (т.е. явные и фоновые одновременно) модели источников. Каждая из явных и фоновых моделей может быть

применена в моделировании путём выбора различных механизмов. На рисунке 1 иллюстрируется полная иерархия моделей источников трафика, имеющихся в Riverbed.

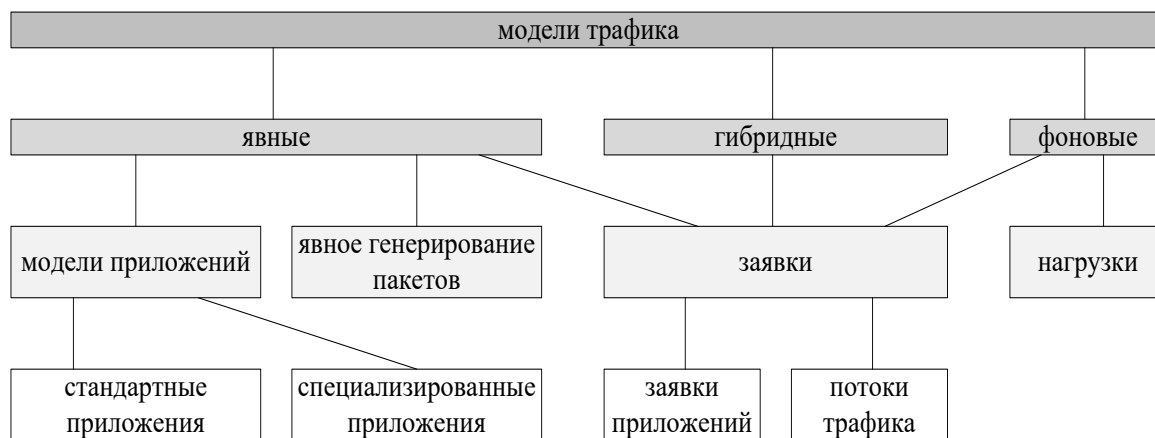


Рис. 1. Иерархия моделей трафика в Riverbed

Явные модели источников трафика обеспечивают очень точное описание поведения трафика, которое достигается путем моделирования полного жизненного цикла каждого пакета, произведенного источниками. Пакетный трафик – жизненная основа моделирования Riverbed, поскольку пакеты данных, продвигающиеся через протокольные уровни, обеспечивают выполнение различных функций в этих протоколах. Обычно, данные, генерируемые источниками трафика, разделяются на сообщения или пакеты и затем отправляются на нижележащие протокольные уровни, где сегментируются, инкапсулируются, фрагментируются, передаются, продвигаются, получают, повторно собираются, и подвергаются другой обработке. Без пакетов данных, модель не сможет воспроизвести точно все особенности таких протоколов, как TCP, UDP, IP, RSVP, OSPF, и других, и поэтому, точная оценка производительности подобных протоколов была бы затруднительной.

Однако высокая точность моделирования пакетного сетевого трафика проигрывает по стоимости. Явные модели трафика могут привести к высокому потреблению памяти, так как каждый пакет точно воспроизводится и представляется в оперативной памяти как структура данных, которая требует распределения. Кроме того, явные модели требуют более длительного времени выполнения моделирования, потому что каждая стадия жизненного цикла каждого пакета моделируется как одно или более дискретных событий, каждое из которых влияет на время выполнения.

Riverbed обеспечивает следующие механизмы для точного моделирования трафика: генерация пакетов, заявки и модели приложений. Явная генерация пакетов сосредоточена на определении скорости генерации трафика, размере пакетов, созданных отдельными источниками и их местом назначения. Этот метод не моделирует протокол прикладного уровня [2, 3, 4]. Задание источников трафика, используя явную генерацию пакетов требует изменения значений атрибутов всех узлов, которые генерируют трафик. В Riverbed только

определенные модели узлов (например, как правило, или источники, или стоки) содержат признаки для задания особенностей генерации пакетов. Такие модели узла обычно содержат признак "_station" в своих названиях, и могут быть легко найдены в палитре объектов (Object Palette Tree).

Заявка – другой механизм для задания явного обмена трафика между двумя узлами в моделируемой сети. Этот механизм прежде всего определяет интенсивность и размеры пакетов трафика, и не симулирует поведение протокола. Заявки задаются как поток сообщений запросов и ответов между двумя уровнями приложений различных узлов. Конфигурация заявок не требует установки значений атрибутов отдельных узлов. Вместо этого она включает сами требования объектов, которые определяет поток трафика между двумя узлами, посредством таких признаков как продолжительность потока (т. е., время начала и окончания), параметры запросов и ответов (т. е. размеры пакетов и интенсивности), транспортный протокол, и смещение трафика. Параметр конфигурации смещение трафика (Traffic Mix (%)) позволяет моделировать заявки, используя как явные, так и фоновые модели трафика. Более точно, этот признак определяет процентное распределение заявок, задаваемого как фоновый трафик. Riverbed также содержит другие модели заявок для задания таких потоков трафика как голос, АТМ и IP (и типовой и специфический такой как защищенный и проверочный).

Модели приложений также определяют явный обмен сообщениями между узлами в моделируемой сети. Однако в дополнение к определению особенностей потока трафика (т.е., интенсивности, размера пакетов, места назначения, и т. д.), модели приложений описывают поведение протоколов прикладного уровня, или просто приложений. Именно поэтому модели приложений обеспечивают более точное представление источников трафика в моделируемой системе, чем заявки или явная генерация пакетов. Riverbed поддерживает ряд стандартных приложений, которые реализуют протоколы прикладного уровня, такие как FTP, НТТР, электронная почта, дистанционный вход в систему, и другие, а также механизм определения пользовательских приложений для моделирования других нестандартных протоколов прикладного уровня [5, 6, 7].

Фоновые модели трафика предусматривают аналитическое, и поэтому менее точное, представление передачи данных по сети. Занятие очередей в промежуточных узлах основывается на конфигурации фоновых моделей трафика, которое в свою очередь влияет на задержки и другие показатели качества работы соответствующих моделируемых протоколов и сетевых устройств. Фоновые модели трафика не воспроизводят жизненный цикл отдельных пакетов; вместо этого, они используют аналитическое представление поведения трафика. Поэтому, исследование моделирования, включающее фоновые модели, выполняется быстрее и потребляет меньше памяти, чем исследование симуляции, использующей явные модели трафика.

Фоновый трафик моделируется или посредством объектов трафиковых запросов (т. е. потоков трафика или заявки) или исходных нагрузок. Объекты запросов обычно определяют трафик между парой узлов. Riverbed обеспечивает

различимость между заявками (приложений) и другими типами требований, которые называются потоками трафика. Заявки приложений представляют трафик прикладного уровня в форме сообщений запрос–ответ, обменивающихся между двумя узлами (т.е., трафик формируется и моделируется в обоих направлениях). Потоки трафика используются для моделирования данных, генерируемых источниками, не включающими приложения, таких как IP речь, IP проверка, IP защищенный трафик, IP широковещание, ATM и Frame Relay. Потоки трафика задаются общие характеристиками, такими как интенсивность, продолжительность, и время начала передачи данных, перемещающихся только в одном направлении. Запросы добавляются в сетевую топологию путем переноса с фиксацией по новому месту соответствующих объектов заявок и последующей конфигурации потока. Заявки трафика часто организуются между узлами, которые непосредственно не связаны. Конкретно, требования не должны быть ассоциированы ни с каким-либо маршрутом движения пакетов. В этом случае они моделируют и вводят в действие протоколы маршрутизации, предписывающие маршруты движения трафика по сети. Однако особенности конфигурации заявок зависят от ее типа. Заметим, что любая заявка может формироваться только как дискретный или явный поток, как фоновый трафик или как их комбинация.

Нагрузки, с другой стороны, только представляют фоновую производительность и относятся к единственному объекту, такому как линия, узел или соединение [8, 9, 10]. Подобно явной генерации пакетов, нагрузки не требуют никаких дополнительных объектов, помещенных в пределах рабочего пространства проекта, и формируются непосредственно в объекте. Как правило, нагрузки задают информацию о фоновом трафике, блуждающем по сети, такую как средний размер пакета, который, как предполагается, остается постоянным в ходе моделирования, и интенсивность, способную варьироваться. Средние нагрузки трафика на линию вычисляются путем суммирования нагрузок всех типов трафика, протекающих по линии, и могут включать явный трафик, заявки и нагрузки. Задержки, вызываемые нагрузками, влияют на каждый смоделированный пакет, проходящий по соответствующей линии.

Обычно, явные модели трафика подходят для исследований, которые требуют подробного рассмотрения протоколов и технологий, используемых на моделируемой сети, которая в свою очередь требует точного представления поведения источников трафика. С другой стороны, фоновые модели трафика часто используются в исследованиях, у которых есть недостаточные вычислительные ресурсы и где совокупное поведение протоколов достаточно для целей исследования. На практике моделирование часто полагается на комбинацию явных и фоновых моделей источников в сети. Такие гибридные модели трафика объединяют преимущества обоих подходов. При помощи явных моделей осуществляется точное представление тех источников трафика, которые требуют подробной оценки. Использование фоновых моделей позволяет эмулировать источники, не требующие точного описания. В результате гибридные модели обеспечивают большую точность по фоновым

моделям, используя меньше ресурсов и ускоряя выполнение моделирования по сравнению с явными моделями.

Список литературы

1. Sethi, A. S. The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation / Adarshpal S. Sethi, Vasil Y. Hnatyshin. – Taylor & Francis Group, LLC, 2013. – 505 p.
2. Батенков К. А. Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. 2017. № 4 (53). С. 5–28.
3. Батенков К. А. Общие подходы к анализу и синтезу структур сетей связи // Современные проблемы телекоммуникаций: Материалы Российской научно-технической конференции. 2017. С. 19–23.
4. Батенков К. А. К вопросу оценки надежности двухполюсных и многополюсных сетей связи // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2017. С. 604–608.
5. Батенков К. А. Об анализе живучести сетей связи на основе вероятностного подхода // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2016. С. 6–8.
6. Чечик В.В. Имитационное моделирование трафика НТТР с помощью программной среды Riverbed / Чечик В.В., Батенков К.А. // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2016. – Т. 1. – № 9. – С. 273–277.
7. Батенков К. А. Способы структурного синтеза сетей связи // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2017. С. 404–407.
8. Батенков К. А. Анализ устойчивости типовых структур сетей связи на основе линейного функционала связности // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2018 : сб. науч. тр. международного научно-технического форума: в 11 томах. Рязань. 2018. С. 108–113.
9. Батенков К. А. Моделирование устойчивости сетей связи на основе линейного функционала связности // Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVIII Международной научно-методической конференции : в 7 т.. Воронежский государственный университет. 2018. С. 116–119.
10. Батенков К. А. Анализ надежности многополюсных сетей связи методом полного перебора состояний // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2018. № 1. С. 405–411.

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА MILESTONE В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Н.С. Баулина

*Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники*

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальность применения одноплатного компьютера в процессе обучения, дается сравнение, выделяются и описываются характерные особенности одноплатных компьютеров.

Ключевые слова: *робототехника, одноплатный компьютер, программирование, обучение.*

APPLICATIONS OF SINGLE-PLATED MILESTONE COMPUTER DURING TRAINING

N.S. Baulina

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Abstract. This article discusses the relevance of the use of single-board computer in the learning process, provides a comparison, highlights and describes the characteristic features of single-board computers.

Keywords: *robotics, single board computer, programming, training.*

В настоящее время, в веке высоких информационных технологий очень популярным направлением является робототехника. На нее делают упор не только школьники и студенты для обучения, но также интересуются частные и государственные предприятия, для решения своих конкретных задач. Она стала своего рода брендом, который развивается и удивляет все больше.

Робототехника - это универсальный инструмент для образования. Подходит для всех возрастов - от дошкольников до профобразования. В ходе занятий её используют, как некий интерактивный элемент, с помощью которого теоретические знания закрепляются на практике. Изучение принципов работы робототехники, понимания функционала, позволяет развивать знания в моделирование, конструирование и программирование.

На данный момент, во многих школах и детских садах открыты профильные классы или созданы специальные площадки для занятий робототехникой. А также, многие ВУЗы готовят специалистов по робототехнике.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что вопрос о том, какое комплектующие для изучения робототехники покупать и на какие характеристики стоит обратить внимание, является актуальным для образовательных учреждений.

Milestone M-100 – это одноплатный компьютер, разработанный компанией ООО «ИНТЭК». Главным достоинством этого одноплатного компьютера является Arduino-совместимость. Это означает, что весь спектр сенсоров, драйверов и прочих модулей, представленных на рынке и совместимых с Arduino Uno, подходят и к данному устройству.

Таблица 1.1

Сравнительный анализ одноплатных компьютеров

	Milestone	Raspberry PI Model B	Arduino Uno	Genuino 101
Габариты	8,25 x 5,33 см	8,5 x 5,6 см	6,9 × 5,3 см	6,9 × 5,3 см
Ядро микроконтроллера	ARM-Cortex -M3	ARM1176JZF-S	Atmega328	Intel Curie
Рабочее напряжение	3,3 В	3,3 В	5 В	3,3 В
Входное напряжение (предельное)	5-18 В	5-18 В	6-20 В	6-18 В
Кол-во цифровых входов/выходов	40	40	14	14
Аналоговые Входы	6	6	6	6
Аналоговые выходы	1	1	1	1
Объем оперативной памяти	32 Кб	512 Мб	2 Кб	24 Кб
Объем встроенной памяти	128 Кб	512 Мб	32 Кб	196 Кб
Тактовая частота	До 80 МГц	400 МГц	16 МГц	32 МГц
Цена	2490 руб.	2990 руб.	1790 руб.	2900 руб.

Одноплатный компьютер Milestone помог Томскому государственному университету систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) собрать обучающего робота. Этот робот выполняет все базовые задачи робототехники, к нему можно подключить большой спектр датчиков газа, влажности, температуры, расстояния. На его основе также возможно создать робота для соревнований, который будет следовать по линии, проходить по лабиринту, обходить препятствия или играть в футбол. Обучающий робот тестируется в магистратуре ТУСУР, используется студентами в проектном обучении, а также школьниками на курсах, которые проводит STEM-центр вуза.

Подробные характеристики и основные конкуренты Milestone представлены в таблице 1.1.

Выводы

По сравнению с представленными одноплатными компьютерами Milestone идеально подходит для применения в обучении. Так как для программирования не требуется сильно высокая тактовая частота процессора и большой объем оперативной памяти, как у Raspberry PI Model B. Но при этом, у Arduino Uno эти характеристики намного слабее, и будут накладывать определенные ограничения. У Genuino 101 достаточно высокая цена, но при этом, по характеристикам он уступает Milestone.

В итоге, можно сказать, что у Milestone умеренная производительность, есть возможность upgrade, поддержка Wi-fi и Bluetooth, он компактен. Такое сочетание достаточно высокой производительности, надёжности, ремонтпригодности и широкого спектра совместимых модулей делает платформу Milestone оптимально подходящей для обучения.

Список литературы

1. Гайсина И. Р. Развитие робототехники в школе // Педагогическое мастерство: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, декабрь 2012 г.). — М.: Буки-Веди, 2012. — С. 105-107.
2. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/65/3123//> (дата обращения: 10.11.2018).
3. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://intecgroup.ru/> (дата обращения: 12.11.2018).
4. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://timetable.tusur.ru/> (дата обращения: 14.11.2018).

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОРНЕЙ МНОГОЧЛЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

А.Е. Боброва, Е.В. Никитенко

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

Аннотация. Статья посвящена разработке программного продукта на языке Python для нахождения количества вещественных корней и их локализации с использованием системы Штурма.

Ключевые слова: вещественные корни многочлена, система Штурма, язык программирования Python.

LOCALIZATION OF REAL ROOTS OF A POLYNOMIAL WITH THE USE OF THE OPPORTUNITIES OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE

A.E. Bobrova, E.V. Nikitenko

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University named
after I.I. Polzunov*

Abstract. The article is devoted to the development of a software product in the Python language for finding the number of real roots and their localization using the Sturm system.

Keywords: real roots of a polynomial, Sturm system, Python programming language.

Введение

При решении прикладных задач в различных областях науки и техники требуется определение корней многочленов, причем иногда достаточно высоких степеней. Использование таких лидеров систем компьютерной математики, как Maple, Matematika в настоящее время становится весьма дорогостоящим несмотря на их дружественный интерфейс и множество стандартных и специальных математических операций.

Выбор нами языка программирования Python обусловлен тем, что большинство его модулей распространяется бесплатно, а сам язык реализован практически во всех операционных системах [3]. Его широкое применение в

научной области для теоретических исследований и решения прикладных задач продиктовано наличием в нем таких пакетов, как – NumPy, SymPy, SciPy, matplotlib. К тому же, Python представляет собой интерпретируемый объектно-ориентированный язык и интерактивную среду для разработки программ, обладает ясным и понятным синтаксисом и хорош для программирования математических вычислений [4].

Описание метода локализации корней и результаты работы.

Из курса алгебры [см. рис. 2] хорошо известно, что все корни алгебраического уравнения $f(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x + a_n = 0$ расположены в кольце

$$\frac{|a_n|}{B + |a_n|} \leq |x| \leq 1 + \frac{C}{|a_0|},$$

где $B = \max\{|a_0|, |a_1|, \dots, |a_{n-1}|\}$, $C = \max\{|a_1|, |a_2|, \dots, |a_n|\}$.

Если все коэффициенты многочлена $f \in R[x]$ неотрицательны (неположительны), то положительных корней нет. Если же таковые имеются, то справедливо следующее утверждение.

Теорема 1. Пусть $f(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_n \in \mathfrak{R}[x]$, причем $a_0 > 0$. Пусть имеются отрицательные коэффициенты (хотя бы один) и m – наименьший индекс для которого $a_m < 0$. Тогда для всякого положительного вещественного корня c многочлена $f(x)$ справедлива оценка

$$c \leq 1 + \sqrt[m]{\frac{B}{a_0}},$$

где B – максимум модулей отрицательных коэффициентов.

Точное число действительных корней алгебраического уравнения, заключенных в данных пределах, может быть определено с помощью теоремы Штурма. Приведем необходимые определения [см. 1].

Определение 1. Пусть $S = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ – конечная последовательность отличных от нуля вещественных чисел, и пусть $V(S)$ – число индексов i , $1 \leq i \leq n-1$ для которых $c_i c_{i+1} < 0$. Тогда $V(S)$ называется числом перемен знаков в последовательности S . Если S содержит нули, то под $V(S)$ следует понимать число перемен знаков в укороченной последовательности S' , получающейся из S вычеркиванием нулей.

Определение 2. Конечная упорядоченная последовательность отличных от нуля многочленов с вещественными коэффициентами $\{f_0(x) = f(x), f_1(x), \dots, f_s(x)\}$ называется системой штурма для многочлена $f(x)$ на отрезке $[a, b]$, если выполняются следующие условия:

- а) $f_0(a) \cdot f_0(b) \neq 0$;
- б) последний многочлен $f_s(x)$ не имеет корней на $[a, b]$;
- в) если $f_k(c) = 0$ для $c \in [a, b]$ и $1 \leq k \leq s-1$, то $f_{k-1}(c) \cdot f_{k+1}(c) < 0$;

г) если $f(c) = 0$ для $c \in [a, b]$, то произведение $f_0(x) \cdot f_1(x)$ меняет знак с минуса на плюс, когда x , возрастая, проходит через точку c .

Введем обозначение $V_c = V_c(f) = V(\{f_0(c), f_1(c), \dots, f_s(c)\})$, где $c \in [a, b]$.

Теорема 2. Число корней вещественного многочлена $f(x)$ степени $n \geq 1$ на интервале (a, b) равно разности $V_a - V_b$, где величины V_a, V_b отвечают какой-то фиксированной системе Штурма $\{f_0(x) = f(x), f_1(x), \dots, f_s(x)\}$.

Напомним, что стандартная система Штурма строится следующим способом.

Возьмем $f_0(x) = f(x)$, а $f_1(x) = f'(x)$. Далее поделим $f_0(x)$ на $f_1(x)$ и обозначим через $f_2(x)$ остаток помноженный на (-1) , т.е. $f_0(x) = q_1(x)f_1(x) - f_2(x)$, ($\deg f_2 < \deg f_1$).

Затем поделим $f_1(x)$ на $f_2(x)$ и обозначим через $f_3(x)$ остаток помноженный на (-1) : $f_1(x) = q_2(x)f_2(x) - f_3(x)$, $\deg f_3 < \deg f_2$.

Продолжая процесс далее, в конце получим $f_{s-1}(x) = q_s(x)f_s(x)$, где $f_s(x) = \text{НОД}(f, f')$ - отличная от нуля константа в предположении, что $f(x)$ не имеет кратных корней. Если же кратные корни есть, то следует перейти от системы $\{f_0(x), \dots, f_s(x)\}$ к системе $g_k(x) = f_k(x) / f_s(x)$, $0 \leq k \leq s$.

Используя вышеперечисленные возможности языка программирования Python и данную теорию, нами была разработана программа, предоставляющая пользователю следующие возможности: визуализация границ корней многочлена; построение стандартной системы Штурма; определение количества вещественных корней многочлена без учета их кратности, а также указания их количества на запрашиваемом промежутке. Результаты работы программы приведены на рисунках 1-4.

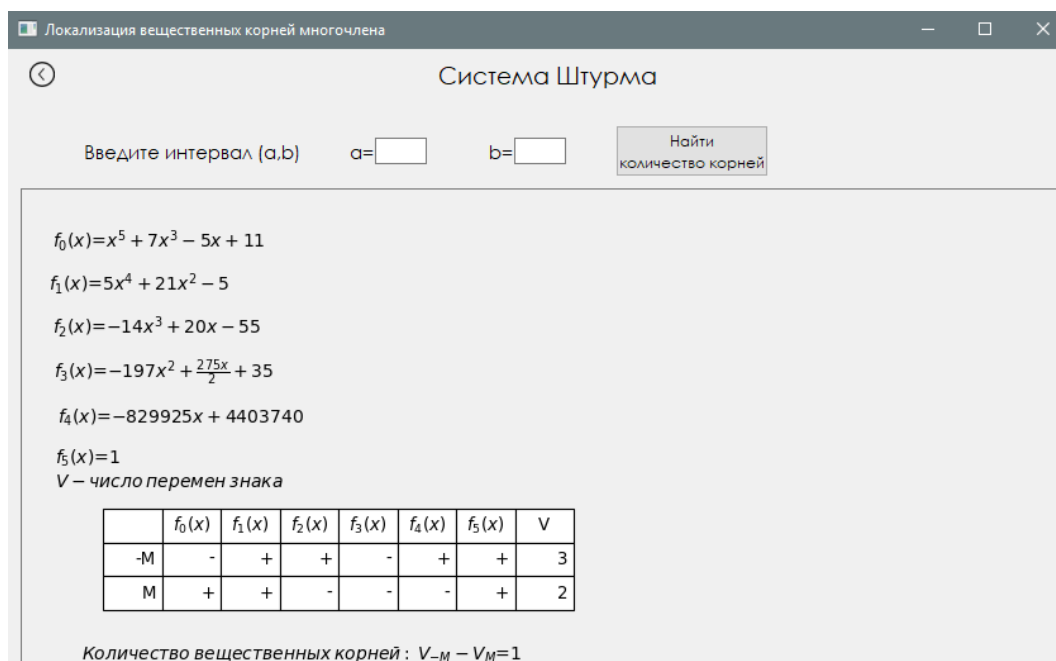


Рис. 1. Построение стандартной системы Штурма



Рис. 2. Определение количества вещественных корней на запрашиваемом промежутке

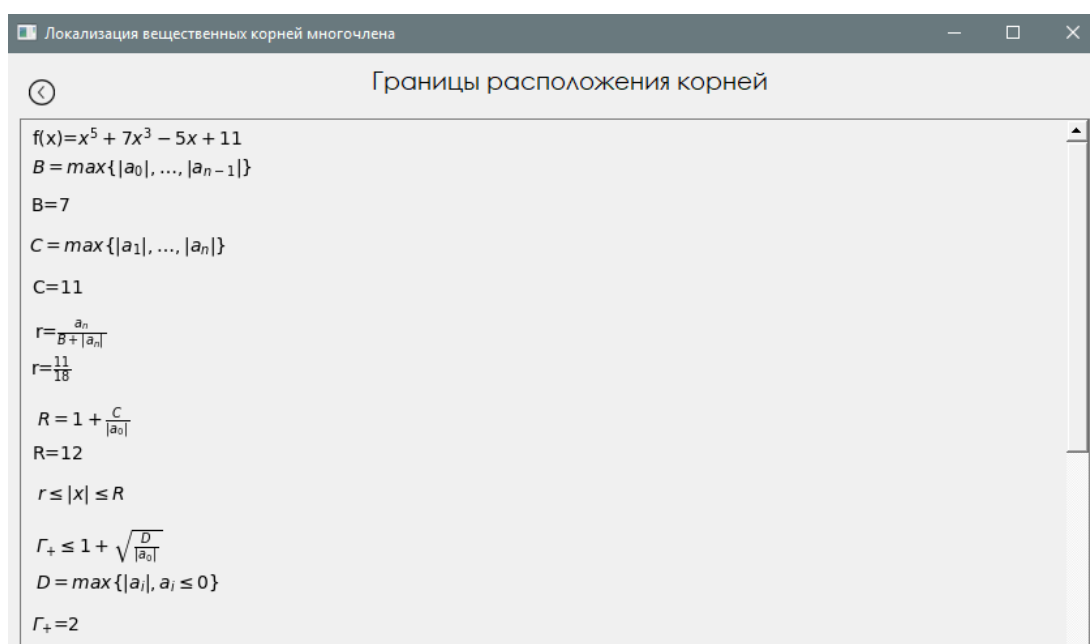


Рис. 3. Определение границ корней многочлена



Рис. 4. Визуализация границ корней многочлена

Заклучение

Считаем, что разработанная программа позволит упростить вычисление стандартной системы Штурма, сократит время решения задачи локализации корней многочленов, повысит эффективность и качество самостоятельной работы у студентов.

Список литературы

1. Кострикин, А.И. Введение в алгебру: В 3-х ч. – Новое издание. – М.: МЦНМО, 2009. Ч. I.: Основы алгебры. – 272 с.
2. Курош, А.Г. Курс высшей алгебры: Учебник. – 19-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 432 с.
3. Лутц, М. Программирование на Python, том I, 4-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 992 с.
4. Саммерфилд, М. Программирование на Python 3. Подробное руководство. – Пер. с английского. – СПб.: Символ-Плюс, 2009. – 608с.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ LMS MOODLE В ОБУЧЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Т.В. Гавриленко

Сибирский федеральный университет

Аннотация. В статье излагаются особенности преподавания дисциплины «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог» по смешанной методике обучения. Аудиторная работа в компьютерном классе совмещается с самостоятельной работой в системе электронного обучения LMS Moodle. Особенностью дисциплины является выполнение курсового проекта средствами системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road.

Ключевые слова: электронное обучение, система LMS Moodle, курсовое проектирование, автоматизированное проектирование, проектирование автомобильных дорог.

LMS MOODLE SYSTEM APPLICATION IN TEACHING COMPUTER-AIDED DESIGN OF ROADS

T.V. Gavrilenko

Siberian Federal University

Abstract. The article describes the features of teaching the discipline «Computer-Aided design of roads» by mixed teaching methods. Classroom work in the computer class is combined with independent work in the e-learning system LMS Moodle. A feature of the discipline is the implementation of the course project by means of computer-aided design of roads IndorCAD / Road

Keywords: e-learning, LMS Moodle system, course design, computer-aided design, road design

Электронное обучение повсеместно входит в практику преподавания в высшей школе. В качестве платформы для него в Сибирском федеральном

университете используется система LMS Moodle, с помощью которой ведется, например, преподавание дисциплины «Строительная информатика» [1]. Полученный опыт применения смешанной методики, когда аудиторские занятия чередуются с самостоятельной работой студентов в электронной среде LMS Moodle, был использован при разработке нового электронного курса «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог».

Новый электронный курс имеет несколько отличительных моментов. Во-первых, в данной дисциплине разрабатывается курсовой проект, что предполагает сквозную связь заданий, представляющих собой этапы проектирования автомобильной дороги, когда результаты выполнения одного задания являются входными данными для последующих заданий. Во-вторых, автоматизированное проектирование дорог базируется на специальном программном комплексе IndorCAD/Road. Его сетевая версия установлена в компьютерном классе университета и имеет ограниченное число рабочих мест. Описание его возможностей приведено в [2-4]. Данный комплекс активно используется в учебном процессе и при выполнении выпускных квалификационных работ [5,6]. И если в дисциплине «Строительная информатика» задачи решаются с помощью офисной программы Excel, что дает студентам возможность дорабатывать свои программы вне компьютерного класса, в любом месте и в любое удобное время на своих вычислительных устройствах, то автоматизированное проектирование элементов дороги может осуществляться только в специализированном классе. Однако студент имеет возможность позаниматься в нем самостоятельно в неурочное время без присутствия преподавателя.

Электронный курс разбит на 18 разделов – по количеству недель в учебном плане изучения дисциплины. Неделя курса начинается с аудиторного занятия. В начале работы открыт только первый раздел. Все остальные открываются перед аудиторным занятием новой учебной недели. Это позволяет давать информацию дозированно и студент понимает, что курс выстроен линейно, задания должны выполняться последовательно без перескакивания на более поздние недели. Текущая неделя в электронном курсе выделяется более темным синим фоном.

Наиболее удобным способом внедрения обучаемого в среду электронного курса является его самостоятельная запись по кодовому слову. В состав участников попадают проинформированные о начале обучения студенты и затем проявившие активность, записавшись на курс. В том случае, когда преподаватель сам вводит список студентов по номеру студенческой группы, некоторые из них могут и не узнать о своем участии в электронном обучении до самой сессии.

После того как обучаемый запишется на курс, он должен принять участие в форуме – специальном элементе электронного курса, предназначенном для обсуждения каких либо тем, а также для группового взаимодействия и обмена информацией. Участие в нем является обязательным и оценивается. Это позволяет преподавателю убедиться, что студент научился пользоваться форумом и сможет задать любой вопрос в любое время, тем самым, получить

консультацию и справиться с трудностями выполнения домашнего задания. В форуме студенты сами могут создавать любую новую тему для обсуждения. Благодаря ему участники могут задать вопрос, который интересует и других студентов. Все сообщения автоматически рассылаются на адреса электронной почты, которые пользователи указали в своих профилях.

Описываемый электронный курс нацелен, в первую очередь, на помощь в выполнении курсового проекта. В качестве исходных данных к нему используется цифровая модель рельефа. Индивидуально каждому студенту задается географический район проектирования, координаты точек начала и конца трассы, данные по интенсивности и составу транспортного потока. Студенты работают с одной и той же цифровой моделью рельефа, но из-за того, что координаты опорных точек у всех разные, получаются проекты разных объектов. В процессе курсового проектирования студент должен определить категорию автомобильной дороги, разработать два варианта трассы, сравнить их по специальным показателям и выбрать лучший для дальнейшего проектирования. Затем по оси выбранного варианта трассы строится продольный профиль и поперечные профили дороги, проводится гидравлический расчёт водопропускной трубы через дорожную насыпь, проектируются дорожные одежды.

Состав курсового проекта изложен в специальном ресурсе (странице курса), называемом «Состав пояснительной записки к курсовому проекту». Он помещен в начале электронного курса и доступ к нему открыт все время. Методические материалы, помогающие выполнить проектные решения в программе IndorCAD, открываются в нем по ссылкам.

Каждый раздел курса (неделя) сопровождается заданием. Как правило, ответ на задание состоит из одного или нескольких файлов: глав пояснительной записки, файлов с изображениями запроектированных элементов дороги или ведомостей построенных объектов (например, ведомости водопропускных труб или ведомости скважин по трассе). В качестве примера на рис.1 приведен проект трассы на цифровой модели рельефа.

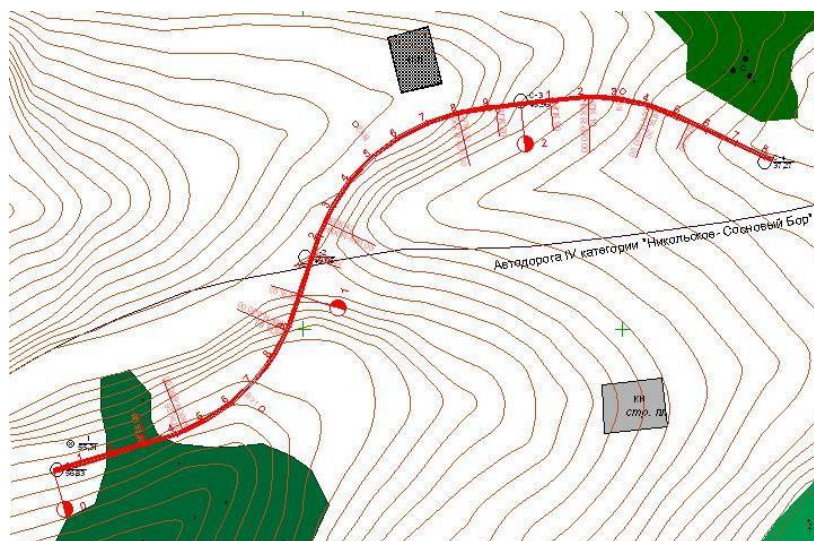


Рис. 1. Пример трассы, разрабатываемой в курсовом проекте

Пояснительная записка от задания к заданию прирастает новыми параграфами, что позволяет и студенту, и преподавателю проанализировать результаты выполнения конкретного этапа работы с учетом уже выполненных ранее фрагментов проекта.

Каждое задание оценивается по пятибалльной системе. Баллы снижаются за большой срок опоздания представления ответа, оформление текста пояснительной записки не по принятому в университете стандарту, мелкие недочеты, не снижающие качества проектных решений. Если в выполненном задании содержатся существенные ошибки, влияющие на качество проекта дороги (например, запроектированный студентом элемент дороги не соответствует нормативным требованиям или в технических расчетах допущены ошибки), то задание переводится в стадию черновика, студент должен доработать его и отправить обновленные файлы на оценивание.

В результате реализации электронного курса у преподавателя имеется возможность вести руководство курсовым проектированием, а у студента консультироваться с его руководителем непрерывно в течение всего семестра. Обучение с использованием электронного курса мобилизует большинство студентов выполнять задания (а, следовательно, и график курсового проектирования) вовремя. Возможность получить консультации, практически, в режиме «онлайн», в сочетании с наличием пошаговых инструкций по проектированию элементов дороги и творческим процессом создания цифрового проекта объекта в системе автоматизированного проектирования дорог позволяет преодолевать трудности понимания материала, и как следствие – укрепляется интерес к предмету и возникает желание создать свой уникальный проект автомобильной дороги.

Список литературы

1. Гавриленко Т.В. Информационные технологии в проектировании объектов улично-дорожной сети г. Красноярск / Т.В. Гавриленко, Н.В. Докалина, А.А. Турбин, Д.Е. Крынцева // Инженерные исследования и достижения – основа инновационного развития: Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции 27-28 ноября 2014г. / Рубцовский индустриальный институт. Рубцовск, 2014. С. 22–27.

2. Гавриленко Т.В. Преподавание электронного курса строительной информатики по смешанной методике обучения /Т.В. Гавриленко // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 27-28 октября 2017 г. / Рубцовский индустриальный институт. Рубцовск, 2017. С. 8–15.

3. Гавриленко Т.В., Федорова Т.А. Информационные технологии в проектировании водопропускных сооружений на дорогах / Т.В. Гавриленко, Т.А. Федорова // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: материалы V Всероссийской научно-практической конференции 26-27 ноября 2015 г. / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2015. С. 12–16.

4. Официальный сайт компании IndorSoft. Режим доступа: <http://www.indorsoft.ru>.

5. Система проектирования IndorCAD. Построение, обработка и анализ цифровой модели местности: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. 300 с.

6. Система проектирования IndorCAD. Проектирование автомобильных дорог: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза, А.В. Перфильев. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. 250 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА С УЧЁТОМ ПРОДОЛЬНОЙ ДИФФУЗИИ В РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЕ

А.Б. Голованчиков, Н.А. Прохоренко

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Аналитически выведены уравнения рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны с учетом продольной диффузии, которые при числе Пекле продольной диффузии $Pe \rightarrow \infty$ или коэффициенте продольной диффузии $De \rightarrow 0$ переходят в известные уравнения рабочих линий для структур потоков идеального вытеснения по обеим фазам.

Ключевые слова: *продольная диффузия, число Пекле, уравнения рабочих линий, ректификация, структура потока, продольное перемешивание, идеальное вытеснение, скачок концентраций на входе.*

MODELING OF THE MATERIAL BALANCE WITH THE ACCOUNT OF LONGITUDINAL DIFFUSION IN THE RECTIFICATION COLUMN

A.B. Golovanchikov, N.A. Prokhorenko

Volgograd State Technical University

Abstract. The equations of the working lines of the reinforcing and exhaustive parts of the distillation column are analytically derived, taking into account the longitudinal diffusion, which, when the longitudinal longitudinal diffusion number or the longitudinal diffusion coefficient, is transformed into the known equations of the working lines for the flow patterns of ideal displacement in both phases.

Keywords: *longitudinal diffusion, Peclet number, working line equations, rectification, flow structure, longitudinal mixing, ideal displacement.*

Известные типовые модели структуры потоков в насадных ректификационных колоннах основаны на идеальном вытеснении обеих фаз по всей высоте колонны [1-2]. Соответственно этой физической модели выведены на основании материального баланса аналитические уравнения рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей колонны, представляющие собой линейные зависимости связи концентраций легколетучего компонента в паровой и жидкой фазах, которые являются основой для расчетов

минимального флегмового числа, числа теоретических тарелок, оптимального флегмового числа и геометрических размеров насадочных и тарельчатых ректификационных колонн.

Нивелировать эти отклонения реальной структуры потоков от идеального вытеснения можно учетом КПД тарелки, кинетическими кривыми, учитывающими степень использования локальной движущей силы, эмпирическими зависимостями, связанными с высотой теоретической тарелки (ВЭТТ) или высотой единицы переноса насадки (ВЕР)[2].

Целью статьи является аналитический вывод на основании материального баланса уравнений рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны, учитывающих продольную диффузию паровой и жидкой фаз, и анализ этих уравнений на минимальное флегмовое число, число теоретических тарелок, оптимальное флегмовое число и геометрические размеры ректификационной колонны.

Выведем уравнение рабочей линии для исчерпывающей части колонны с учетом продольной диффузии в паровой фазе.

Выделяем снизу колонны на расстоянии z от опорной решетки насадки (где пар входит в насадку) сечение $I-I$ (рис. 1).

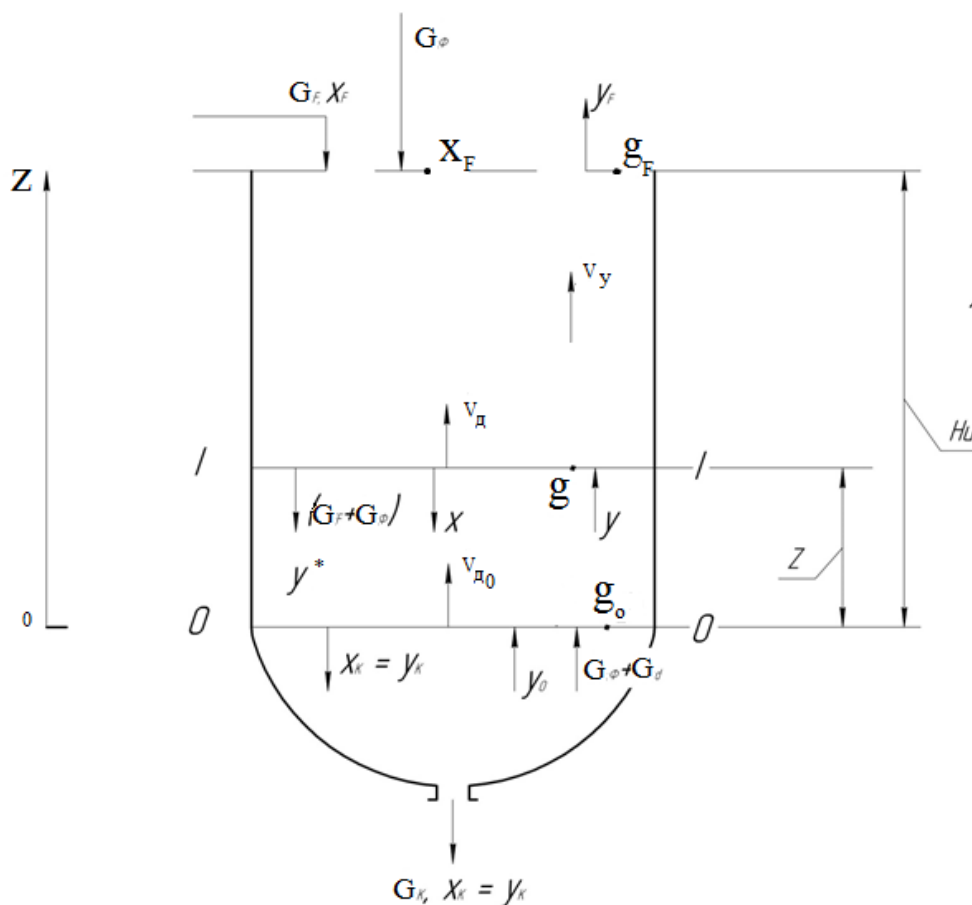


Рис. 1. Схема ректификации в исчерпывающей части колонны с материальными потоками и концентрациями легколетучего компонента в паровой и жидкой фазах с учетом продольной диффузии по паровой фазе

Для упрощения записи полагаем, что расходы соответственно исходной смеси G_F , флегмы G_ϕ и дистиллята G_d $\left[\frac{\text{кмоль}}{c} \right]$.

$$(G_F + G_\phi) \cdot x + (G_\phi + G_d) \cdot y_0 + \frac{V_{D_0} \cdot S \cdot \rho_\delta}{M_\delta} = (G_F + G_\phi) \cdot x_K + (G_\phi + G_d) \cdot y + \frac{V_D \cdot S \cdot \rho_\delta}{M_\delta}$$

Здесь в левой части материального баланса приход легколетучего компонента в выделенном объеме между сечениями $O-O$ и $I-I$, в правой - его расход. Скорость продольной диффузии по паровой фазе можно записать в виде модифицированного закона Фика [3-4]

$$V_D = -De \cdot \frac{dy}{dz}, \quad (1)$$

где De – коэффициент продольной диффузии по паровой фазе.

Тогда связь y и x может быть представлена после алгебраических преобразований уравнением:

$$y = y_0 + \left[\frac{(G_F + G_\phi)}{(G_\phi + G_d)} \right] \cdot (x - x_K) - \frac{S \cdot \rho_\delta \cdot \left[\left(\frac{dy}{dz} \right)_0 - \left(\frac{dy}{dz} \right) \right] \cdot De}{M_\delta \cdot (G_\phi + G_d)}.$$

Разделим выражение в квадратных скобках второго слагаемого на G_d и имея в виду для третьего слагаемого уравнение неразрывности, из которого следует выражение для фиктивной скорости пара:

$$V_y = \frac{(G_\phi + G_d) \cdot M_\delta}{\rho_\delta \cdot S},$$

а также переходя к безразмерной координате по высоте $h = \frac{z}{H}$, получаем:

$$y = y_0 + \left(\frac{F + R}{R + 1} \right) \cdot (x - x_K) - \frac{[g_0 - g]}{Pe},$$

где $g = \frac{dy}{dx}$ и $g_0 = \left(\frac{dy}{dz} \right)_{z=0}$, $Pe = \frac{V_y \cdot H}{De}$ – число Пекле по паровой фазе.

При $h = 1$, то есть при $z = H$ на входе исходного раствора в исчерпывающую часть колонны $x = x_F$, $y = y_F$, $g = g_F$:

$$y_F = y_0 + \left(\frac{F + R}{R + 1} \right) \cdot (x_F - x_K) - \frac{(g_0 - g_F)}{Pe}.$$

Из известного граничного условия на входе для диффузионной модели следует [5-8]:

$$h = 0 \quad y_K = y_0 - \frac{g_0}{Pe}. \quad (2)$$

Тогда, подставляя значение y_0 в уравнение материального баланса, получаем:

$$y_F = y_K + \left(\frac{F + R}{R + 1} \right) \cdot (x_F - x_K) + \frac{g_F}{Pe}.$$

Но из материального баланса всей исчерпывающей части колонны:

$$(R+1) \cdot (y_F - y_K) = (F+R) \cdot (x_F - x_K), \text{ то есть градиент } g_F = \left(\frac{dy}{dh} \right)_{h=1} = 0.$$

Окончательное уравнение рабочей линии исчерпывающей части насадочной ректификационной колонны с учетом продольной диффузии по паровой фазе принимает вид:

$$y = y_K = \left(\frac{F+R}{R+1} \right) \cdot (x - x_K) + \frac{g}{Pe} \quad (3)$$

с граничными условиями:

$$\begin{aligned} h=0, & \quad y_0 = y_K + \frac{g_0}{Pe}; \\ h=1, & \quad g_F = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

Как видно уравнение (3) в общем случае является нелинейным и переходит в типовое линейное уравнение рабочей линии исчерпывающей части ректификационной колонны, соответствующего идеальному вытеснению по обеим фазам, при $Pe \rightarrow \infty$ или $De \rightarrow \infty$.

Аналогично выводятся уравнения рабочей линии по паровой фазе для укрепляющей части колонны (рис.2).

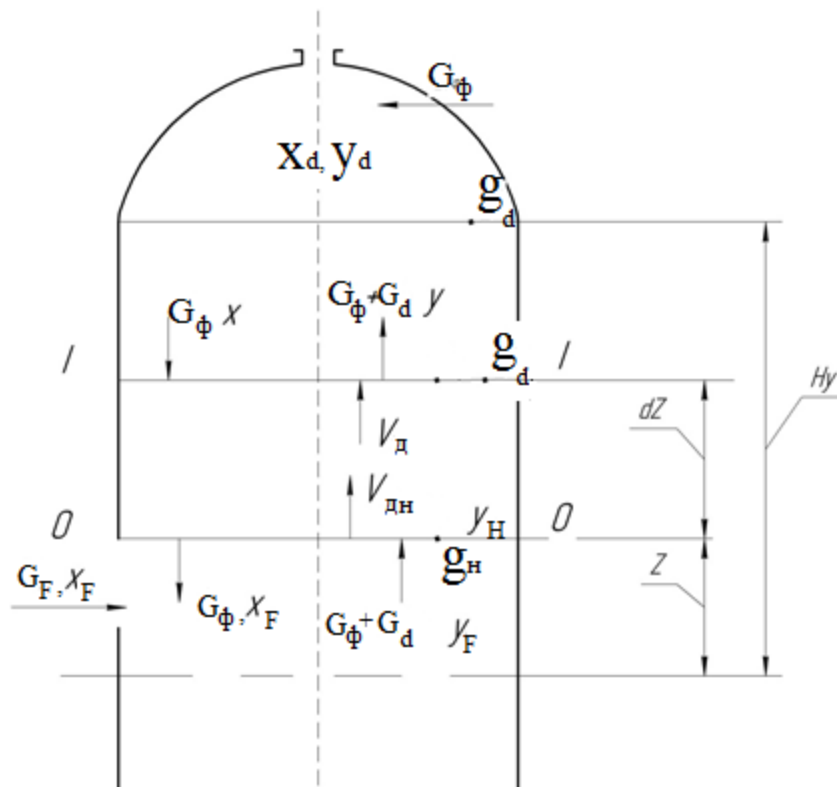


Рис.2. Схема ректификации в укрепляющей части колонны с материальными потоками и концентрациям легколетучего компонента в паровой и жидкой фазах с учетом продольной диффузии по паровой фазе

В этом случае уравнение рабочей линии укрепляющей части ректификационной колонны с продольной диффузией по пару приобретает вид:

$$y = y_F + \frac{R}{R+1} \cdot (x - x_F) + \frac{1}{Pe} \cdot g \quad (5)$$

с граничными условиями:

$$\begin{aligned} h=0, \quad y_F &= y_H - \frac{1}{Pe} \cdot g_H; \\ h=1, \quad g_d &= 0, \end{aligned} \quad (6)$$

На рис. 3 представлены графики уравнений рабочих линий для исчерпывающей и укрепляющей частей ректификационной колонны: типовые 2а и 2б, не учитывающие продольную диффузию, то есть соответствующих идеальному вытеснению по обеим фазам при $Pe \rightarrow \infty$ или $De \rightarrow 0$, и 3а и 3б, учитывающие продольную диффузию по паровой фазе и соответствующие выше выведенным уравнениям рабочей линии для исчерпывающей части колонны (3) с граничными условиями (4) и для укрепляющей части колонны с уравнением рабочей линии (5) с граничными условиями (6).

Из графиков уравнений рабочих линий (3) и (5) видно, что продольная диффузия во-первых приводит к скачку концентраций на входе пара в исчерпывающую и укрепляющую части колонны, то есть $y_0 > y_K$, а $y_H > y_F$ (рисунок 3), а во-вторых сами рабочие линии не прямые, а описываются выпуклыми кривыми. Оба отличия могут значительно уменьшать локальные и средние движущие силы, что приводит к увеличению числа теоретических тарелок, числа единиц переноса, минимального и оптимального флегмовых чисел, а с ними диаметров и высоты каждой части колонны.

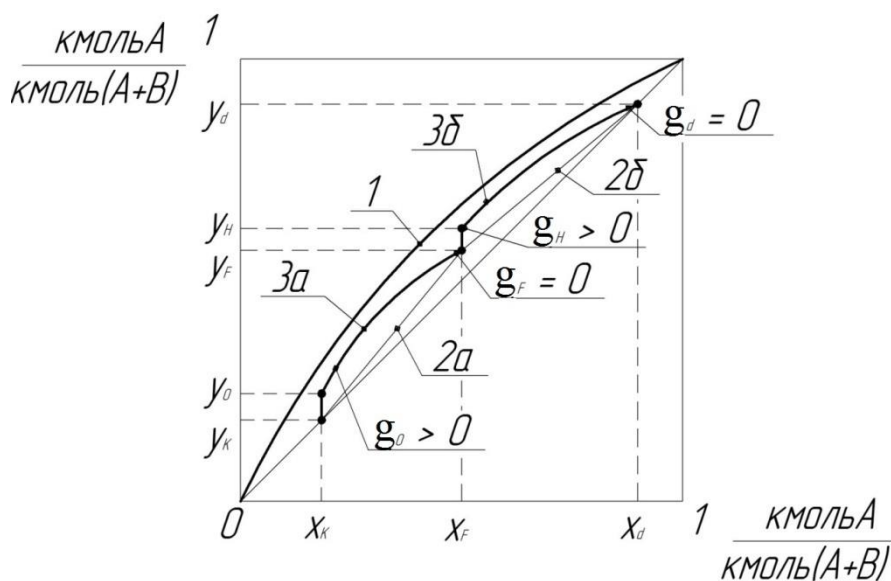


Рис.3. Равновесная (1) и рабочие линии: типовые без учета продольной диффузии для исчерпывающей (2а) и укрепляющей (2б) частей колонны; с учетом продольной диффузии для паровой фазы для исчерпывающей (3а) и укрепляющей (3б) частей колонны

Аналогичные математические выкладки проведены авторами для колонны с учетом продольной диффузии по жидкой фазе в статье [3-4].

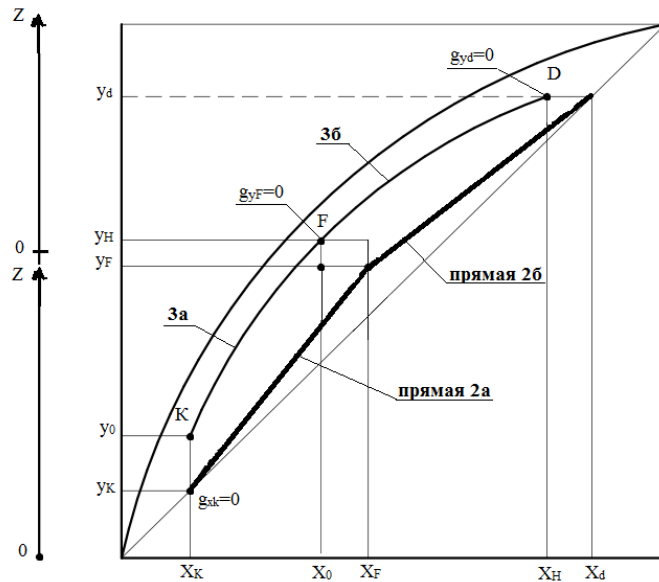


Рис. 4. Равновесная (1) и рабочие линии: типовые без учёта продольной диффузии для исчерпывающей (2а) и укрепляющей (2б) частей колонны; с учётом продольной диффузии в обеих фазах для исчерпывающей (3а) и укрепляющей (3б) частей колонны

В общем случае, когда продольная диффузия имеет место и по паровой и по жидкой фазам, получаем уравнения рабочих линий, учитывающие соответствующие градиенты концентраций и числа Пекле продольной диффузии по обеим фазам в обеих частях колонны.

Для исчерпывающей части:

$$y = y_k + \left(\frac{F+R}{R+1} \right) \cdot (x - x_k) - \frac{F+R}{R+1} \cdot \left(\frac{g}{Pe_x} \right) + \left(\frac{g}{Pe_y} \right) \quad (7)$$

Для укрепляющей части колонны:

$$y = \left(\frac{x_d + R \cdot x}{R+1} \right) - \frac{R}{R+1} \cdot \left(\frac{g}{Pe_x} \right) + \left(\frac{g}{Pe_y} \right) \quad (8)$$

Графики уравнений рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей колонны с учетом продольной диффузии по обеим фазам представлены на рис. 4 (линии 3а и 3б).

Продольная диффузия уменьшает локальные и средние движущие силы процессов массопередачи в обеих частях ректификационной колонны за счет скачка концентраций на входе по паровой и жидкой фазам, а также приводит к переходу от линейных уравнений рабочих линий к нелинейным. При критических значениях чисел Пекле по паровой Pe_x фазам точки К, F и D рабочих линий (рис. 6) ложатся на равновесную линию 1, то есть рабочие линии 3а и 3б пересекают равновесную, что теоретически увеличивает высоту колонны до бесконечности. В общем случае учет продольной диффузии может потребовать увеличения флегмового числа по сравнению с типовым расчётом и привести к увеличению диаметра и высоты обеих частей ректификационной колонны.

Список литературы

1. Багатуров С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации; под редакцией С.А. Багатурова. – изд.3-е, перераб.- М.: Химия,1974.
2. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии : учебник / В. В. Кафаров. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Химия, 1985.
3. Голованчиков, А.Б. Алгоритм расчёта насадочной ректификационной колонны с учётом продольного перемешивания по жидкой фазе / А.Б. Голованчиков, Н.А. Прохоренко, В.Н. Карев // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2016. №3(182). С. 14-17.
4. Голованчиков, А.Б. Расчёт дисперсии воспроизводимости в отсутствии параллельных опытов / А.Б. Голованчиков, Н.А. Прохоренко // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2016. №11(190). С. 13-16.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАСТВОРОВ В ПРОЦЕССЕ ОБРАТНОГО ОСМОСА

А.Б. Голованчиков, К.В. Чёрикова, Е.Д. Шушканова, А.А. Крюкова
Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Составлен алгоритм расчета концентрирования растворов в процессе обратного осмоса на основе дифференциальных уравнений материального баланса. Выведены и приведены уравнения диффузии и сравнительные расчеты по типовому алгоритму.

Ключевые слова: *диффузия, обратный осмос, число Пекле.*

ALGORITHM FOR CALCULATING THE CONCENTRATION OF SOLUTIONS DURING A REVERSE OSMOSIS

A.B. Golovanchikov, K.V. Chyorikova, E.D. Shushkanova, A.A. Kryukova
Volgograd State Technical University

Abstract. An algorithm for calculating the concentration of solutions in the process of reverse osmosis based on the differential equations of material balance. Diffusion equations and comparative calculations using a standard algorithm are derived and given.

Keywords: *diffusion, reverse osmosis, Peclet number.*

Для расчетов химических реакторов и массообменных аппаратов на основе экспериментально подтвержденных данных показано, что структура потока может существенно отличается как от идеального вытеснения, так и от идеального смешения [2-5], при этом отклонения от идеальности как вытеснения, так и смешения предлагается учитывать ячеечной, диффузионной или комбинированными моделями.

Целью данной работы является математическое моделирование обратноосмотического процесса с учетом продольного перемешивания, а так же составление алгоритма расчета концентрирования растворов, описываемого диффузионной моделью структуры потоков.

На рисунке 1 изображена схема процесса обратного осмоса с материальными потоками и концентрациями в них молекул и ионов растворенного вещества.

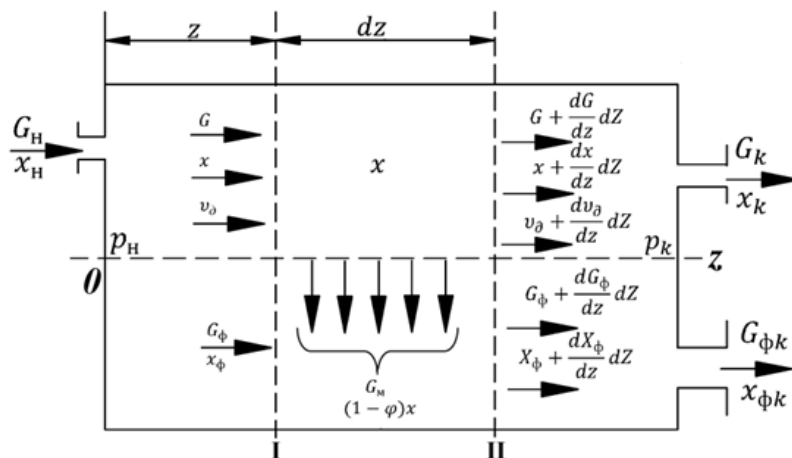


Рис.1. Схема процесса обратного осмоса с материальными потоками и концентрациями в них молекул и ионов растворенного вещества

Выделим на расстоянии z от входа начального раствора в аппарате сечения I-I и II-II с элементарным расстоянием между ними dz , разложим неизвестные функции G_x и G_ϕ в ряд Тейлора и, отбрасывая члены второго порядка малости, составим элементарные материальные балансы по потокам исходного раствора G , концентрациям в нем молекул и ионов и расходам фильтрата G_ϕ .

Алгоритм расчета может быть следующий:

1) Для заданных параметров x_H , x_K , G_H и выбранной мембраны с истинной селективностью [1] решается дифференциальное уравнение при $Pe_l \rightarrow \infty$ или $D_l \rightarrow 0$, то есть для модели идеального вытеснения, когда левая часть уравнения равна нулю. После интегрирования с граничным условием $z=0$ $x=x_H$ получаем зависимость концентрации молекул ионов в растворе над мембранной от безразмерной координаты z :

$$x = \frac{x_H}{\left(1 - \frac{G_{\phi K}}{G_H} Z\right)^\varphi}. \quad (1)$$

При $z=1$ получаем известное уравнение для расчета производительности по фильтрату на выходе из аппарата:

$$G_{\phi K} = G_H \left[1 - \left(\frac{x_H}{x_K} \right)^{1/\varphi} \right], \quad (2)$$

с учетом, которого несложно рассчитать необходимую поверхность мембраны при идеальном вытеснении концентрированного раствора:

$$F = \frac{G_{\phi k}}{G_m} \quad (3)$$

и производительность по концентрированному раствору с учетом граничных условий: при $Z=1$

$$G_k = G_n - G_{\phi k}$$

Изменение концентрации молекул и ионов в фильтрате по длине z можно рассчитать по уравнению материального баланса:

$$x_{\phi} = \frac{\int_0^Z (1-y) x b G_m dZ}{\int_0^Z b G_m dZ}, \quad (4)$$

где в числителе массовый расход молекул и ионов - в фильтрате, в знаменателе - масса фильтрата.

С учетом уравнения (1) последняя формула имеет аналитическое решение:

$$x_{\phi} = \frac{x_n \left(\frac{G_n}{G_{\phi k}} \right) \left[1 - \left(1 - \frac{G_{\phi k}}{G_n} Z \right)^{-\phi} \right]}{Z} \quad (5)$$

при $Z=1$ приводит к значению концентрации молекул и ионов в фильтрате на выходе из аппарата.

Последнее значение можно получить также из интегрального уравнения материального баланса:

$$x_{\phi k} = \frac{G_n x_n - G_k x_k}{(G_n - G_k)}. \quad (6)$$

2) Проводим расчет для $Pe \rightarrow 0 (D_l \rightarrow \infty)$ то есть для модели идеального смешения.

В этом случае концентрация ионов в растворе скачком изменяется от x_n до x_k и остается постоянной по всей длине, концентрация молекул и ионов в пермеате тоже скачком изменяется от нуля до $x_{\phi k}$ и остается постоянной по всей длине $x_{\phi k} = (1-\phi) \cdot x_k$.

Удельная производительность по фильтрату с учетом осмотического давления для x_k также постоянная:

$$G_m = G_2.$$

Расходы концентрированного раствора и фильтрата на выходе из аппарата определяются из уравнений материального баланса:

$$G_n = G_{kc} + G_{\phi c}$$

$$G_n x_n = G_{kc} x_k + G_{\phi c} x_{\phi c},$$

где индексы «с» относятся к режиму идеального смешения.

3) Проводим расчет по уравнению (7):

$$g_{i+1} = g_i + Pe_l \left[1 - \left(\frac{G_{\phi k}}{G_H} \right) Z \right] g_i \Delta Z - Pe_l \left(\frac{G_{\phi k}}{G_H} \right) \phi x_i \Delta Z \quad (7)$$

а) Разбиваем относительную длину Z на n -равных интервалов, например $n=1000$. Тогда величина $dZ=10^{-3}$. Выбираем расчетное значение Pe_l .

б) Задаем x_{ex} больше x_H , но меньше x_K и по первому граничному условию находим градиент:

$$g_{ex} = Pe_l (x_{ex} - x_H), \quad (8)$$

где $g_{ex} = \left(\frac{dx}{dz} \right)_{ex}$.

в) Делаем переадресовку параметров $x_1 = x_{ex}$, $g_1 = g_{ex}$ и по уравнению (7) находим g_2 , а по уравнению $x_2 = x_1 + g_1 \Delta Z$.

г) Делаем последовательно переадресовку:

$$x_1 = x_2 \quad g_1 = x_2 \text{ и так } n \text{ раз.} \quad (9)$$

д) Сравниваем $x(n)$ с x_K . Если $x(n) \approx x_K$ с заданной точностью расчеты заканчиваем.

Если $x(n) \neq x_K$ изменяем x_{ex} , например, методом половинного деления и повторяем пункты (2÷5) до выполнения условия (9).

е) Рассчитываем изменения концентрации ионов в фильтрате по формуле (4), приведенной к численному виду:

$$x_{\phi(i)} = (1 - \phi) \sum_{i=1}^k x_{(i)} G_{M(i)} / \sum_{i=1}^k G_{M(i)},$$

где $G_{M(i)} = G_w (1 - \Pi_i / \Delta p)$, а $\Pi_i = \Pi_i[x_i]$ - осмотическое давление для концентрации $x_{(i)}$ (задается по справочным данным [1]). В рассматриваемом случае эта табличная зависимость для раствора $CaCl_2$ с относительной ошибкой не превышающей 0,9% описывается линейной зависимостью:

$$\Pi = -0,047 + 0,621x. \quad (10)$$

Так как

$$G_{\phi k} = \sum_{i=1}^k G_{Mi} (bl), \quad (11)$$

где b, l - соответственно ширина и длина рулона мембраны, то поверхность мембраны для диффузионной модели при заданном числе Пекле определяем из формулы (12):

$$F = \left[G_H \left(\frac{G_{\phi k}}{G_H} \right) \right] / \sum_{i=1}^n G_{M(i)} \quad (12)$$

На рис. 2 приведены результаты расчетов поверхности мембраны (1) и входной концентрации (2) молекул и ионов в очищаемом растворе от числа Пекле продольной диффузии. Как видно из графика при $Pe_l > 9$ увеличение поверхности за счет продольного перемешивания по сравнению с идеальным

вытеснением не превышает 5%, то есть расчет можно вести по типовому алгоритму.

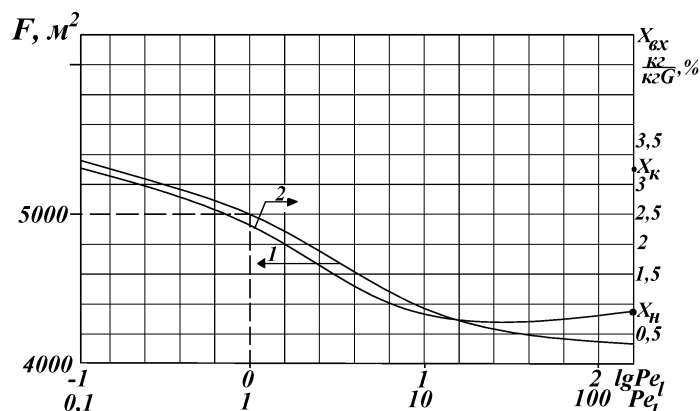


Рис. 2. Зависимости поверхности мембраны (1) и концентрации ионов хлорида кальция в растворе на входе от числа и Пекле продольной диффузии

В представленном алгоритме для каждой итерации рассчитываются осмотическое давление по формуле (12) и соответствующая ему локальная удельная производительность. Поэтому в типовом расчете необходимая поверхность мембраны составляет 5016,7 м², а по предлагаемому алгоритму 4400 м², то есть меньше на 12,3%.

Список литературы

1. Дытнерский Ю.И.. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию. // М. : Химия, 1983.
2. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов // М. : Химия, 1973.
3. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии // М. : Химия, 1986.
4. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов // М. : Химия, 1969.
5. Рамм В. А. Абсорбция газов : учебник // М. : Химия, 1976.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕН НА ПОЛИМЕРНУЮ ПЛЕНКУ

Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета

Аннотация. На сегодняшний день, рынок полимерных пленок в России перспективный и стабильный сегмент упаковочного производства. Несмотря на снижение темпов прироста в последние годы, производство пленок выросло более чем в три раза. Эта тенденция роста обусловлена увеличением производственных мощностей. Но есть и ряд других факторов влияющих на производство пленки, изучение которых имеет важное значение.

Ключевые слова: полимерная пленка, упаковка, прогноз, цена.

APPLICATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING FOR PREDICTION OF PRICES FOR POLYMERIC FILM

D.R. Grigorieva, G.A. Gareyeva

Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny

Abstract. Today, the polymer film market in Russia is a promising and stable segment of packaging production. Despite the decline in growth rates in recent years, the production of films has more than tripled. This growth trend is due to an increase in production capacity. But there are a number of other factors affecting the production of the film, the study of which is important.

Keywords: *polymer film, packaging, forecast, price.*

Развитие прогностики как науки за последние десятилетия привело к созданию множества методов, процедур, приемов прогнозирования, неравноценных по своему значению, поэтому перед специалистами возникает задача выбора методов, которые давали бы адекватные прогнозы для изучаемых процессов или систем. В связи с этим, в данной работе рассмотрены 2 метода прогнозирования, чтобы выявить, какой из них наиболее эффективный и дает более точные прогнозы [1].

Объект исследования – рынок полимерных пленок Российской Федерации. Предметом исследования являются рыночные закономерности и зависимости, а так же методы анализа и прогнозирования цены и объемов производства полимерной пленки.

Цель данного исследования является анализ рынка полимерной пленки, применяя статистические методы прогнозирования с использованием пакетов программ. Теоретической базой работы послужили труды таких авторов как: Боровиков В.П., Елисеева И.И., Орлова И.В. и др. [2].

Для расфасовки промышленной и продуктовой продукции используют различные виды упаковок. Наиболее распространенный вариант на сегодняшний день – полимерная пленка. Ее основное преимущество – недорогая цена, поэтому себестоимость продукции обходится гораздо ниже, чем в упаковке другого типа. К тому же она выполняет все возложенные на нее функции, а именно:

- сохраняет свежесть, вкус, цвет и аромат продукта;
- защищает от неблагоприятных климатических факторов, влаги и т.д.;
- предотвращает попадание микроорганизмов, пыли и т.д.

То есть упаковка подобного типа служит отличной преградой для всех неблагоприятных факторов, которые могут оказываться на продукт.

В работе приведен прогноз объемов производства полимерной пленки. Авторами реализованы метод экспоненциального сглаживания и нейросетевые методы системного анализа.

Весьма эффективным и надежным методом прогнозирования является экспоненциальное сглаживание. Основные достоинства метода состоят в возможности учета весов исходной информации, в простоте вычислительных операций, в гибкости описания различных динамик процессов. Метод

экспоненциального сглаживания дает возможность получить оценку параметров тренда, характеризующих не средний уровень процесса, а тенденцию, сложившуюся к моменту последнего наблюдения. Наибольшее применение метод нашел для реализации среднесрочных прогнозов. Для метода экспоненциального сглаживания основным и наиболее трудным моментом является выбор параметра сглаживания α , начальных условий и степени прогнозирующего полинома.

Пусть исходный динамический ряд описывается уравнением:

$$y_t = a_0 + a_1 t + \frac{a_2}{2} t^2 + \dots + \frac{a_p}{p!} t^p + \varepsilon_t \quad (1)$$

Метод экспоненциального сглаживания, являющийся обобщением метода скользящего среднего, позволяет построить такое описание процесса (2), при котором более поздним наблюдениям придаются большие веса по сравнению с ранними наблюдениями, причем веса наблюдений убывают по экспоненте. Выражение:

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha \sum_{t=0}^n (1 - \alpha)^t S_{t-1}^{[k]}(y) \quad (2)$$

называется экспоненциальной средней k -го порядка для ряда y_t , где α – параметр сглаживания.

В расчетах для определения экспоненциальной средней пользуются рекуррентной формулой.

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha S_t^{[k-1]}(y) + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[k]}(y) \quad (3)$$

Возможность нелинейного моделирования и сравнительная простота реализации, такие характеристики часто делают нейросетевые методы незаменимыми при решении сложнейших многомерных задач [3].

Искусственный нейрон имитирует свойства биологического нейрона. Модель нейрона: на вход нейрона поступают сигналы x_j (вектор x_1, x_2, \dots, x_n), каждый из которых умножается на вес w_{ij} (для каждого сигнала имеется собственный вес). Каждый вес соответствует «силе» одной биологической синаптической связи. Положительные значения которых соответствуют возбуждающим синапсам, отрицательные значения – тормозящим синапсам. Производится сложение преобразованных сигналов и добавляется порог; результат преобразуется с помощью функции активации f и подается на выход нейрона ($y_i = f(s_i)$). С математической точки зрения модель нейрона строит нелинейное преобразование входного сигнала $x(1), x(2), \dots, x(N)$ в выходной сигнал y . Итак, каждый нейрон, как элемент сети, описывается своим набором весов и пороговых значений, а также функцией активации.

Входной слой нейронов служит для ввода значений входных переменных, выходной слой – для вывода результатов. Последовательность слоев нейронов и их соединений называется архитектурой сети. Задать сеть – это значит задать ее архитектуру и параметры нейронов. Архитектура сети содержит тип сети, число входных и выходных переменных, число слоев и число элементов в каждом слое [4].

На базе ежемесячных данных в период с января 2013 года по декабрь 2017 года по объемам производства построен прогноз на год вперед, т.е. до декабря 2018 года. Для этого воспользуемся методом экспоненциального сглаживания. Для предварительного анализа ряда – визуализируем его (рис.1).



Рис. 1. Исходный ряд объемов продаж (тыс. тонн)

Временной ряд содержит тренд, однако делать выводы о наличии сезонности по данному графику сложно. Модель в нашем случае не является аддитивной, т.к. амплитуда колебаний разная.

В результате экспоненциального сглаживания были получены и заданы параметры Alpha, и Gamma. Ряд остатков является стационарным, что говорит об адекватности построенной модели [5]. Довольно высокое качество прогноза и модели подтверждает средняя абсолютная ошибка, которая составляет примерно 5,79 % (рис. 2).

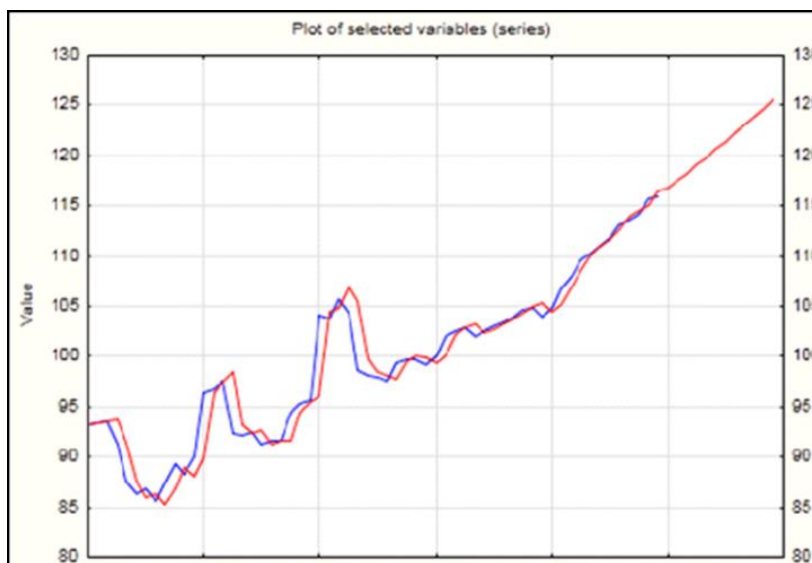


Рис. 2. График прогноза исходного ряда

Таким образом, согласно построенному прогнозу, в ближайшее время объемы производства продолжат расти, и к декабрю 2018 года составят свыше 125 тыс. тонн.

Спрогнозируем объёмы производства на основании исходных данных с применением нейронных сетей. Построим нейронные сети с использованием 60 наблюдений, последние 12 уровней ряда будем использовать для кросс-проверки. Обучаем несколько сетей и сохраняем 5 лучших. Все сети показали практически одинаковые производительности.

Рассмотрев гистограммы распределения остатков и диаграммы рассеивания сетей можно сказать, что все сети имеют приблизительно нормальное распределение остатков, т.е. все они качественны. Для того чтобы оценить точность сетей, рассмотрим график, на котором изображён исходный ряд и спрогнозированные ряды (рис.3).

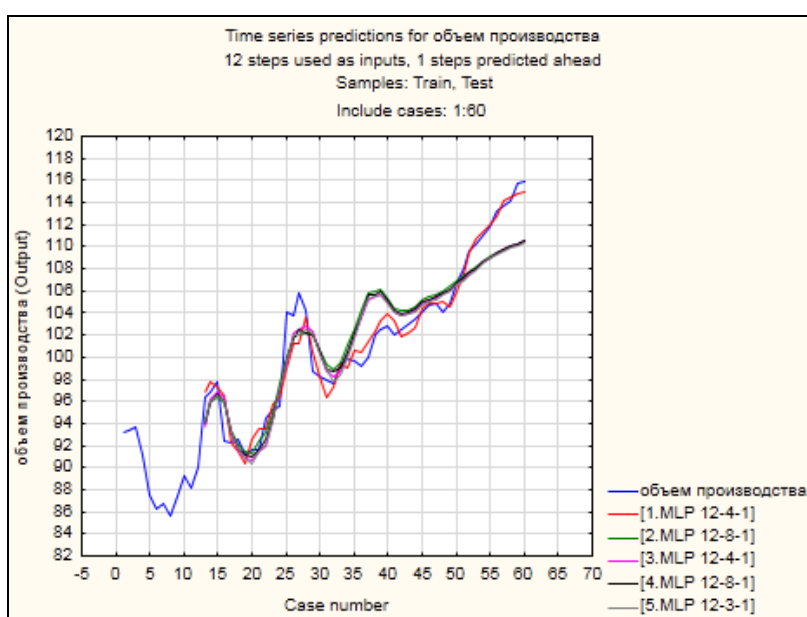


Рис. 3. Спрогнозированные ряды

Линии, относящиеся к разным сетям, очень близко расположены друг к другу, что говорит о практически идентичном качестве моделей. Поэтому выберем сеть, показавшую наилучшую производительность (сеть 1), она наиболее близка к исходному ряду и проанализируем её качество посредством сравнения предсказанных ею значений с наблюдениями, оставленными для кросс-проверки. Для этого построим проекцию ряда с 1 значения по 60. Модель даёт достаточно хороший по качеству прогноз. Для более точного измерения качества прогноза вычислим среднюю абсолютную ошибку, она равна 0,024793. Визуализируем график прогноза (рис. 4).

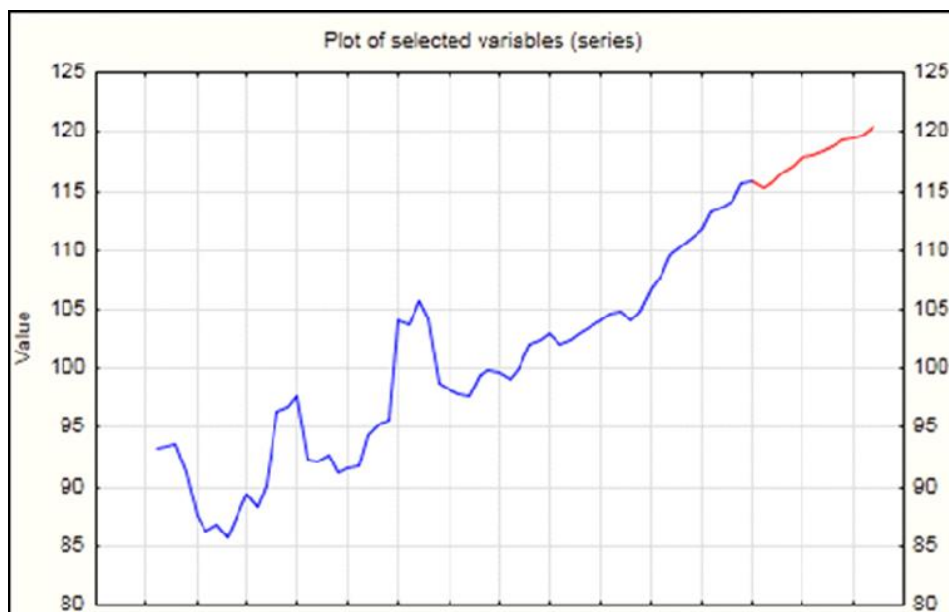


Рис. 4. График прогноза

Согласно полученному прогнозу, объемы производства полимерной пленки сохранят тенденцию к росту при этом предполагается, что наивысший пик будет достигнут в декабре 2018 года, когда объемы производства составят более 120 тыс. тонн.

Сравнивая результаты применения двух методов – нейронных сетей и экспоненциального сглаживания, можно говорить, что оба метода предсказывают тенденцию роста объемов производства, а наибольший их объем придется на декабрь 2018 года. Однако, в ходе прогнозирования методом экспоненциального сглаживания, модель показала, что в декабре 2018 года объем производства составит чуть более 125 тысяч тонн, что на 5 тыс. тонн больше, чем показала выбранная нейросетевая модель. При этом в ходе метода экспоненциального сглаживания показала большую ошибку (5,49%) на кросс-проверке, чем модель, полученная в ходе применения нейронных сетей (2,47%).

Посредством результатов регрессионного анализа были выделены факторы, оказавшие наиболее сильное влияние, и сделан вывод о средней адекватности построенной линейной модели. А также получено уравнение зависимости объемов производства от цены сырья, курса EUR, цены пленки, объемов импорта и цены оборудования:

$$Y = 72,63323 + 0,00001 * X_1 + 0,00049 * X_2 + 0,29251 * X_4 - 0,00027 * X_6 + 0,59488 * X_7 \quad (4)$$

Кроме того, проведён анализ рынка полимерной пленки. С этой целью была рассмотрена цена полимерной пленки на рынке РФ в период с января 2013 по апрель 2017 года. Было установлено, что, в целом на протяжении рассматриваемого периода цена полимерной пленки росла. Применение нейронных сетей также подтвердило сохранение тенденции к росту и также показало, что объем производства будет максимален в декабре 2018 года и будет равен более 120 тыс. тонн. Ошибка прогноза при использовании нейронных сетей равна 2,47%. т.е. этот метод дал более качественный прогноз, чем экспоненциальное сглаживание.

Однако таким прогнозам не следует безоговорочно доверять, так как условия выпуска продукции через некоторое время могут измениться, в связи с рядом выделенных факторов, которые, несомненно, влияют на объем производства. Поэтому с течением времени и по мере поступления новых данных необходимо корректировать исследуемые функции с целью получения более верного прогноза на будущее [6].

Список литературы

1. Боровиков В.П. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере: учеб.пособие / В.П. Боровиков, Г.И. Ивченко. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 384 с.: ил.
2. Григорьева Д.Р. Применение компьютерных технологий в статистических методах на примере анализа цен на полимерную продукцию / А. Ю. Ишимова, Г.А. Гареева. - Научно-технический вестник Поволжья. №1 2017г. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2017. – 110 с.
3. Григорьева Д.Р. Статистические методы анализа и прогнозирования надежности коммерческого банка / Г.А. Гареева, Д.М. Лысанов. - В мире научных открытий.- Красноярск: научно-инновационный центр, 2015, №2(62). - С.479-493.
4. Елисеева И.И. Статистика: учеб. / И.И. Елисеева [и др.]; под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Проспект, 2010. – 448 с.
5. Жильцов В.В. Практикум по нейросетевым технологиям: учебно-методическое пособие / В.В. Жильцов, В.В. Чувилова. – Омск: СибАДИ, 2010. – 60 с.
6. Круглов В.В. Нечёткая логика и нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 221 с

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ШТАНГОВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ

А.М. Гринь, Г.В. Орехова

Брянский государственный аграрный университет

Аннотация. Обоснована актуальность математического моделирования движения опрыскивателей. Разработана принципиальная схема движения штангового опрыскивателя. Представлена математическая модель и описаны этапы её разработки.

Ключевые слова: *штанговый опрыскиватель, движение, актуальность, принципиальная схема, математическая модель, этапы разработки.*

MATHEMATICAL MODELING OF THE MOVEMENT OF THE SUCKER-ROD SPRAYER

A.M. Grin, G.V. Orechova

Bryansk State Agrarian University

Abstract. The relevance of mathematical modeling of the movement of sprayers is proved. The fundamental scheme of movement of the rod sprayer is developed. Presented the mathematical model is presented and the stages of she development.

Keywords: boom sprayer, movement, relevance, schematic diagram, mathematical model, stages of development.

Штанговые опрыскиватели, применяемые для химической защиты полевых культур от болезней и вредителей, имеют многочисленные связи с окружающей средой. Схема таких связей представлена в работе [1]. При функционировании опрыскивающего агрегата на характер движения его составных частей и, в конечном итоге, штангового рабочего органа оказывают влияние многочисленные внешние факторы. В результате штанговый рабочий орган опрыскивателя совершает колебания, приводящие к неравномерности осаждения рабочей жидкости, что снижает эффективность использования пестицидов. Механизм этого процесса раскрыт в работе [2].

В связи с этим, актуальный характер имеют исследования по оптимизации конструктивных и режимных параметров опрыскивающих агрегатов и их рабочих органов. В этом направлении нами разработаны универсальная штанга [3], оригинальный гаситель колебаний штанги [4] и подобран рациональный тип распылителя [5]. Эффективность указанных разработок подтверждена результатами натурных экспериментов.

Однако, традиционная форма обоснования оптимальных конструктивно-режимных параметров опрыскивающих агрегатов путём постановки натурных экспериментов весьма трудоёмка и приводит к большой погрешности, значительно обесценивающей результаты. Причина заключается в том, что одни внешние факторы, воздействующие на агрегат, имеют статистически случайный и невоспроизводимый в нужном числе повторностей характер. К ним относятся рельеф почвы под колёсами, скорость и направление ветра и т.д. Другие факторы, как масса агрегата с рабочей жидкостью и уклон поля являются нелинейными и нестационарными. Неровности рельефа поля оказывают влияние на колебания штанги в основном в поперечно-вертикальной плоскости, вследствие чего можно использовать принцип суперпозиций.

Выходом из ситуации является сочетание натурных экспериментов с многофакторным компьютерным имитационным моделированием [6].

В нашем случае объектом исследования явился процесс движения штангового опрыскивателя с разработанным гасителем колебания штанги.

Компьютерное моделирование выполнено с помощью пакета MATLAB версии 6 [7], содержащего в своем составе инструмент визуального моделирования Simulink [8].

Simulink-модель разработана на основе математической модели, описывающей движение экспериментального опрыскивателя в поперечно-вертикальной плоскости при воздействии на колёса неровностей профиля поля.

Неровности рельефа поля оказывают влияние на колебания штанги в основном в поперечно-вертикальной плоскости, вследствие чего использовали принцип суперпозиций.

Расчётная и эквивалентная схема динамической системы, соответствующие опытному образцу опрыскивателя, показаны на (рис. 1).

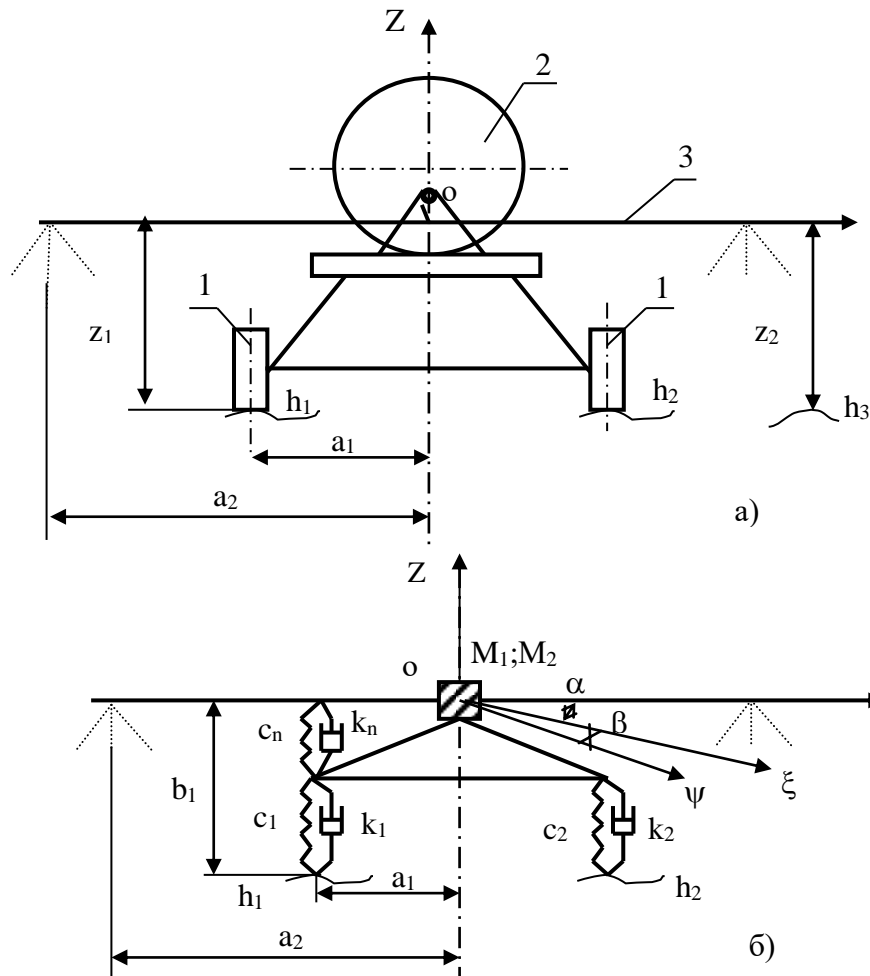


Рис. 1. Расчетная а) и эквивалентная б) схемы динамической системы

Расположенные на расстоянии a_1 от оси симметрии опрыскивателя пневматические колеса 1 перекачиваются по рельефу поля с текущими значениями неровностей a_1 и a_2 .

Крайние распылители штанги находятся на расстоянии a_2 от оси симметрии агрегата и на высоте. При этом колебания передаются на раму с емкостью 2. Штанга 3 крепится к раме шарнирно через упругий и диссипативный элементы.

При описании оператора W_S такой системы часто используют дифференциальные уравнения Лагранжа II-го рода в виде:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} + \frac{\partial \Pi}{\partial q} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}} = Q_q, \quad (1)$$

где T – кинетическая энергия агрегата;

Π – потенциальная энергия агрегата;

Φ – функция сопротивления (диссипативная функция);

q – обобщенная координата;

Q_q – обобщенная сила соответствующая обобщенной координате.

В структуре этой системы считаем необходимым выделить две составные части, имеющие функциональную взаимосвязь: рама опрыскивателя со всеми смонтированными на ней узлами и штанга в совокупности со всеми ее

подвижными относительно шарнира элементами. Все элементы этих двух структурных единиц системы объединены сходным характером движения. Таким образом, нами рассматривается двухмассовая динамическая система. При этом штанга соединена с рамой таким образом, что ось шарнира в точке O совпадает с главными продольными осями инерции X , проходящими через центры масс машины в целом и подвижной части штанги.

Расположение приведенных масс структурных единиц агрегата определили из условия, что центром масс системы считают геометрическую точку O пространства, которая определяется радиусом-вектором

$$x_0 = \frac{\sum m_i x_i^0}{\sum m_i}, \quad (2)$$

где x_i^0 - радиус-вектор;

m_i - масса эквивалентных структурных единиц системы, кг;

$\sum m_i = M$ - масса системы, кг.

В нашем случае, когда материальная система находится в однородном поле тяжести, её центр масс, центр инерции и центр тяжести совпадают.

На рисунке 1 массы структурных единиц системы M_1 и M_2 приложены к их центру масс.

При выборе системы отсчёта имели в виду удобство построения в дальнейшем математической модели исследуемого агрегата. Нами принята система отсчёта, состоящая из трёх систем координат. Первая система координат XYZ является инерциальной. Ось OX направлена горизонтально вдоль направления движения агрегата, OY – в поперечном направлении, OZ – в вертикальном. Она имеет свое начало в центре масс O машины в целом и перемещается вместе с ним поступательно.

Вторая система $\xi\eta\zeta$ имеет начало координат в центре масс O и жестко с ним связана. Ось $o\xi$ направлена вдоль продольной оси машины, $o\zeta$ - перпендикулярна оси $o\xi$ и находится в продольно-вертикальной плоскости симметрии машины, $o\eta$ - перпендикулярна продольно-вертикальной плоскости симметрии машины.

Третья система координат $\varphi\psi\chi$ имеет начало в центре масс штанги o_1 и жестко с ним связана. Ось $o_1\psi$ направлена вдоль штанги, $o_1\chi$ - перпендикулярна оси $o_1\psi$ и находится в вертикальной плоскости симметрии штанги, $o_1\varphi$ - перпендикулярна оси $o\psi$ и расположена в горизонтальной плоскости симметрии штанги. При начальных условиях направления соответствующих осей координат совпадают.

В выбранной системе отсчета рассматриваемая механическая система имеет в поперечно-вертикальной плоскости три степени свободы. Это вертикальное перемещение общего центра масс вдоль оси Z ; угловые колебания рамы α вокруг оси OX и штанги β относительно положения рамы.

Жесткостные и диссипативные свойства колёс представлены коэффициентами жёсткости C_1 и C_2 и коэффициентами неупругого сопротивления K_1 и K_2 .

Жесткостные и диссипативные свойства подвески штанги аналогично представлены коэффициентами C_n и K_n .

Математическую модель движения показанной на (рис. 1) динамической системы в поперечно-вертикальной плоскости разрабатывали поэтапно.

На первом этапе описали кинетическую энергию системы и её производные по обобщённым осям координат.

Для описания кинетической энергии при линейных перемещениях использовали известное выражение

$$T_1 = \frac{m\dot{Z}^2}{2} \quad (3)$$

При угловых колебаниях

$$T_1 = \frac{I\dot{\phi}^2}{2} \quad (4)$$

В результате получено уравнение полной кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{M_1\dot{Z}_1^2 + M_2\dot{Z}^2 + I_{1x}\dot{\alpha}^2 + I_{2x}\dot{\beta}^2}{2} \quad (5)$$

Частные производные от кинетической энергии по обобщённым координатам будут иметь вид, представленный в таблице 1.

Таблица 1

Частные производные от кинетической энергии по обобщённым координатам

$\frac{\partial T}{\partial Z} = 0;$	$\frac{\partial T}{\partial \dot{Z}} = -M_1Z - M_2Z$	$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{Z}} \right) = -(M_1 + M_2)\ddot{Z}$
$\frac{\partial T}{\partial \alpha} = 0;$	$\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} = -I_{1x}\alpha$	$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} \right) = -I_{1x}\ddot{\alpha}$
$\frac{\partial T}{\partial \beta} = 0;$	$\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} = -I_{2x}\beta$	$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} \right) = -I_{2x}\ddot{\beta}$

При определении потенциальной энергии системы исходными явились выражения

$$\Pi = mgZ \quad (6)$$

и

$$\Pi = cZ \quad (7)$$

где: c – коэффициент жёсткости, н/м; g – ускорение свободного падения, м/с².

Тогда полную потенциальную энергию системы можно представить в виде

$$\Pi = \frac{C_p(\beta - \alpha)^2 + C_1\Delta Z_1^2 + C_2\Delta Z_2^2 + G_{общ}Z}{2} \quad (8)$$

где: C_p – коэффициент жёсткости подвески штанги, Н/м;

C_1 и C_2 – приведенные коэффициенты жёсткости шин левого и правого колёс опрыскивателя и их подвесок, соответственно, Н/м;

ΔZ_1 и ΔZ_2 – величина смятия шин левого и правого колёс опрыскивателя в случае отсутствия упругой подвески, м.

$$\Delta Z_1 = Z_{1cm} + h_1 - Z - a_1\alpha \quad (9)$$

$$\Delta Z_2 = Z_{2cm} + h_2 - Z + a_1\alpha \quad (10)$$

где: h_1 и h_2 – высота профиля поля под левым и правым колёсами, соответственно, м;

Z_{1cm} и Z_{2cm} – величина статического смятия шин левого и правого колёс, соответственно, м;

a_1 – расстояние от колёс до продольной оси симметрии опрыскивателя, м.

Выполнив преобразования уравнения (8) в конечном виде получили

$$\Pi = \frac{1}{2} \left[C_p \beta^2 - 2C_p \beta \alpha + (C_p + 2C_1 a_1^2) \alpha^2 + (C_1 + C_2) Z^2 + C_1 h_1^2 - \right. \\ \left. - 2C h_1 Z - 2C_1 a_1 h_1 \alpha + C_2 h_2^2 - 2C_2 h_2 Z + 2C_2 a_1 h_2 \alpha \right] \quad (11)$$

Частные производные по обобщённым координатам будут иметь вид

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Z} = (C_1 + C_2) Z - C_1 h_1 - C_2 h_2; \quad (12)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \alpha} = C_p \beta + (C_p + 2C_1 a_1^2) \alpha - C_1 a_1 h_1 + C_2 a_1 h_2; \quad (13)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \beta} = C_p \beta - C_p \alpha \quad (14)$$

Диссипативная энергия отражает работу неупругих сил системы. Это рассеивание энергии в шинах колёс и в гасителе колебаний подвески штанги опрыскивателя. Рассеивание энергии в шинах колёс приняли пропорциональной скорости деформации шин. Коэффициент пропорциональности (далее – коэффициент неупругого сопротивления) на (рис. 1) обозначили символом K_1 и K_2 .

С учётом изложенных замечаний диссипативную функцию представленной в [6] эквивалентной опрыскивателю системы представили в виде

$$\Phi = \frac{K_1 \Delta \dot{Z}_1^2 + K_2 \Delta \dot{Z}_2^2 + K_m \dot{\beta}^2}{2} + F_{mp} \beta, \quad (15)$$

где F_{mp} – сила трения дисковой муфты подвески штанги, Н.

β – угол поворота штанги относительно рамы опрыскивателя, град.

ΔZ_1 и ΔZ_2 – деформация шин колёс опрыскивателя в вертикальном направлении, м.

F_{mp} – сила трения в дисковой муфте подвески штанги, Н.

С учётом принятых допущений получили

$$\Phi = \frac{\kappa_1 (\dot{h}_1 - \dot{Z} - a_1 \dot{\alpha})^2 + \kappa_2 (\dot{h}_2 - \dot{Z} + a_1 \dot{\alpha})^2 + \kappa_p \dot{\beta} + fp(R + r_0) \dot{\beta}}{2}, \quad (16)$$

После дальнейших преобразований выражение диссипативной функции примет вид

$$\begin{aligned} \Phi = & \frac{1}{2}(K_1 + K_2)\dot{Z}^2 + \frac{1}{2}(K_1a_1^2 + K_2a_1^2)\dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2}K_1\dot{h}_1^2 + \frac{1}{2}K_2\dot{h}_2^2 - K_1\dot{h}_1\dot{Z} - \\ & K_2\dot{h}_2\dot{Z} - K_1a_1\dot{h}_1\dot{\alpha} + K_2a_1\dot{h}_2\dot{\alpha} + K_1a_1\dot{Z}\dot{\alpha} - K_2a_1\dot{Z}\dot{\alpha} + \frac{1}{2}[K_p + fP(R + r_0)]\dot{\beta} \end{aligned} \quad (17)$$

Производные от диссипативной функции по обобщённым координатам имеют вид

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{Z}} = (K_1 + K_2)\dot{Z} + (K_1a_1 - K_2a_1)\dot{\alpha} - K_1\dot{h}_1 - K_2\dot{h}_2 \quad (18)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\alpha}} = (K_1a_1 - K_2a_2)\dot{Z} + (K_1a_1^2 + K_2a_2^2)\dot{\alpha} - K_1a_1\dot{h}_1 + K_2a_2\dot{h}_2 \quad (19)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\beta}} = K_p\dot{\beta} + \frac{1}{2}fP(R + r_0) \quad (20)$$

Обобщённые силы вычислены нами по каждой обобщённой координате отдельно. При этом из совокупности виртуальных перемещений выделено только то перемещение, при котором варьируется рассматриваемая обобщённая координата, а все другие сохраняются неизменными. В результате получены следующие выражения обобщённых сил для изображённой на схеме в [6] системы:

- по обобщённой координате Z

$$Q_z = -G + N_1 + N_2, \quad (21)$$

причём $G = N_1 + N_2$, где N_1 и N_2 – силы реакции почвы на колёса опрыскивателя от воздействия веса опрыскивателя, Н.

Эти обобщённые силы уравновешивают друг друга, но вызывают статическое сжатие пневматических колёс опрыскивателя, что учтено нами при составлении выражения кинетической энергии.

- по обобщённой координате α $Q_\alpha = 0$.

- по обобщённой координате β действуют силы сжатия правой и левой пружин модернизированной подвески штанги. В связи с этим

$$Q_\beta = F_{\Pi 1} - F_{\Pi 2} \quad (22)$$

где $F_{\Pi 1}$ - сила сжатия левой пружины, Н;

$F_{\Pi 2}$ - сила сжатия правой пружины, Н.

При этом

$$F_{\Pi 1} = F_{\Pi 1H} \pm F_{\Pi 1\beta} \quad (23)$$

$$F_{\Pi 2} = F_{\Pi 2H} \pm F_{\Pi 2\beta} \quad (24)$$

где $F_{\Pi 1H}$ - сила предварительного сжатия левой пружины, Н;

$F_{\Pi 2H}$ - сила предварительного сжатия правой пружины, Н;

$F_{\Pi 1\beta}$ – сила дополнительного сжатия (растяжения) левой пружины при отклонении штанги от начального положения по обобщённой координате β , Н;

$F_{\Pi 2\beta}$ – сила дополнительного сжатия (растяжения) правой пружины при отклонении штанги от начального положения по обобщённой координате β , Н;

$$\text{При } \beta = 0, \quad F_{\Pi 1} = F_{\Pi 2} \text{ и, следовательно, } Q_{\beta} = 0. \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \text{При } \beta > 0, \quad F_{\Pi 1} &= F_{\Pi 1H} - 0,5C_p \cdot l \cdot \sin\beta; \\ F_{\Pi 2} &= F_{\Pi 2H} + 0,5C_p \cdot l \cdot \sin\beta \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \text{При } \beta < 0, \quad F_{\Pi 1} &= F_{\Pi 1H} + 0,5C_p \cdot l \cdot \sin\beta; \\ F_{\Pi 2} &= F_{\Pi 2H} - 0,5C_p \cdot l \cdot \sin\beta \end{aligned} \quad (27)$$

Таким образом, нами получены математические зависимости, связывающие изменения кинетической, диссипативной энергии и обобщённых сил динамической системы с рельефом поля и конструктивными параметрами экспериментального опрыскивателя.

Полученные зависимости будут в дальнейшем использованы при разработке компьютерной Simulink-модели, эквивалентной штанговому опрыскивателю.

Список литературы

1. Гаситель угловых колебаний. пат. на полезную модель 70951 / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, В.Н. Ожерельев, Е.В. Кузнецов. Оpubл. 20.02.2008, Бюл. №5.
2. Кузнецов В.В. Исследование штанговых опрыскивателей как динамических систем методом имитационного моделирования. / В.В. Кузнецов, А.В. Кузнецов, Е.В. Кузнецов. // Достижения науки агропромышленному производству: Материалы XLIV международной научно-технической конференции в 4-х частях. Часть 2. -Челябинск.: Издательство ЧГАУ, 2005. С. 262 – 267.
3. Кузнецов, А.В. Информативная модель взаимодействия опрыскивающего агрегата и пестицидов с окружающей средой / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, Е.В. Кузнецов, А.К. Лысов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 12. С. 8-10.
4. Кузнецов, А.В. Повышение эффективности работы опрыскивателей путём синтеза рациональных параметров внутренних связей. / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, Е.В. Кузнецов. // Механизация технологических процессов защиты растений: Материалы научно-практической конференции. – СПб-Пушкин.: издательство ВИЗР, 2005. С. 12 - 14.
5. Кузнецов, А.В. Прогнозирование равномерности осаждения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов Е.В. Кузнецов, А.К. Лысов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 1. С. 22-24.
6. Кузнецов, В.В. Обоснование рационального типа распылителя для внесения гербицидов в ряды малины. / В.В. Кузнецов, Е.В. Кузнецов, А.В. Кузнецов. // Вестник ФГБОУ ВПО Брянского ГСХА. №6. 2011. С. 68-70.
7. Опрыскиватель: пат. 2403987 Рос. Федерация / В.Н. Ожерельев, В.В. Кузнецов, М.В. Ожерельева, Л.П. Кравцова; опубл. 27.04.2009.
8. Черных, И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. 496 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА РОТОРНОГО РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ИСПАРИТЕЛЯ, А ТАКЖЕ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ НА ЕГО БАЗЕ

Л.В. Гриценко, Е.А. Дудник

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация. Работа посвящена разработке программного продукта для расчета роторного распылительного испарителя, а также выпарной установки на его основе.

Ключевые слова: *роторный распылительный испаритель (РРИ), выпарная установка, теплообменник*

AUTOMATION OF THE CALCULATION OF THE ROTARY SPRAY EVAPORATOR, AND ALSO CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE PARAMETER INSTALLATION ON ITS BASIS

L.V. Gritsenko, E.A. Dudnik

Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical named after II Polzynov

Abstract. The work is devoted to the study of the change in power consumption by the system unit in various generations of computers. The work is devoted to the development of a software product for the calculation of a rotary spray evaporator as well as an evaporator based on it.

Keywords: *rotary spray evaporator (RRI), evaporator unit, heat and mass transfer apparatus.*

С того момента как появилась первая электронная вычислительная машина прошло почти 70 лет. В течение этого времени в развитии компьютерной техники произошел большой скачок, от электронных ламп до интегральных микросхем. В настоящее время компьютеры используются почти в каждой сфере человеческой жизни, способствуя оперативному решению различного рода задач. Благодаря автоматизации сокращается время на рутинные вычисления и уменьшается риск непреднамеренных ошибок, связанных с длительными и сложными многоходовыми расчетами, к коим, например, относятся расчеты теплообменных аппаратов, обретающих все более широкое применение в машинно-аппаратурном оформлении процессов производства жидких концентрированных пищевых продуктов.

В свете вышесказанного, задача разработки программного продукта для инженерного расчета таких аппаратов, а в частности, роторного распылительного испарителя (РРИ) [1] представляется особо актуальной в современных условиях.

Целью выполнения данной работы является разработка программного продукта для расчета РРИ, а также выпарной установки на его основе.

Сейчас наиболее остро стоит вопрос обеспечения населения пищевыми продуктами повышенного качества, получаемого на основе переработки натурального плодово-ягодного и растительного сырья, обогащенного

витаминами и необходимыми человеческому организму микроэлементами [1, 2, 3].

Перспективным способом переработки такого сырья является его экстрагирование водой или водно-спиртовым растворителем с последующим низкотемпературным (не более 50 °С) упариванием полученных экстрактов под вакуумом, для получения более концентрированных растворов [1, 2, 3].

Но данный способ требует соответствующего машинно-аппаратурного оформления.

Довольно перспективным видом оборудования для концентрирования жидких пищевых продуктов являются роторные распылительные испарители, отличающиеся высокой эффективностью тепло-и массообменных процессов [1, 2].

Алгоритм расчета выпарной установки задает порядок определения количества выпарных аппаратов – роторных распылительных испарителей (РРИ) в установке и их геометрические параметры.

Если высота помещения цеха не позволяет разместить в нем РРИ с рассчитанными размерами или изготовление РРИ с такими размерами довольно проблематично с технологической точки зрения, то принимается решение о конструировании многокорпусной выпарной установки и – определение количества корпусов (основных аппаратов) в установке и расчет их геометрических параметров.

Количество корпусов в выпарной установке принимается исходя, в первую очередь, из технико-экономических соображений (малое количество корпусов может не обеспечить существенного уменьшения высоты установки, а слишком большое их количество – к неоправданно высокой стоимости установки). Обычно количество корпусов в многокорпусной выпарной установке лежит в пределах $x = 3 \dots 7$ [1].

По данным проведенных экспериментальных исследований [3] рекомендуется, например для 3-х корпусной выпарной установки следующая паровая нагрузка по корпусам: I : II : III = 0,45 : 0,33 : 0,22.

В общем случае количество выпаренного растворителя (производительность по пару) в i -м корпусе определяется по формуле [1]:

$$G_{\text{конд } i} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot \chi_i}{(\chi_I + \chi_{II} + \dots + \chi_x)}, \text{ кг/с.}$$

Для нашего примера, при $x = 3$, производительность по пару в корпусах:

$$\text{I корпус} \quad G_{\text{конд } I} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot 0,45}{(0,45 + 0,33 + 0,22)}, \text{ кг/с;}$$

$$\text{II корпус} \quad G_{\text{конд } II} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot 0,33}{(0,45 + 0,33 + 0,22)}, \text{ кг/с;}$$

$$\text{III корпус} \quad G_{\text{конд } III} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot 0,22}{(0,45 + 0,33 + 0,22)}, \text{ кг/с.}$$

По окончании расчетов необходимо выполнить проверку на соблюдение условия:

$$G_{K,i} = G_{H,i} - G_{\text{конд},i} = G_{K,i-1} - G_{\text{конд},i}, \text{ кг/с.}$$

На рисунке 1 представлена концептуальная конструкция РРИ.

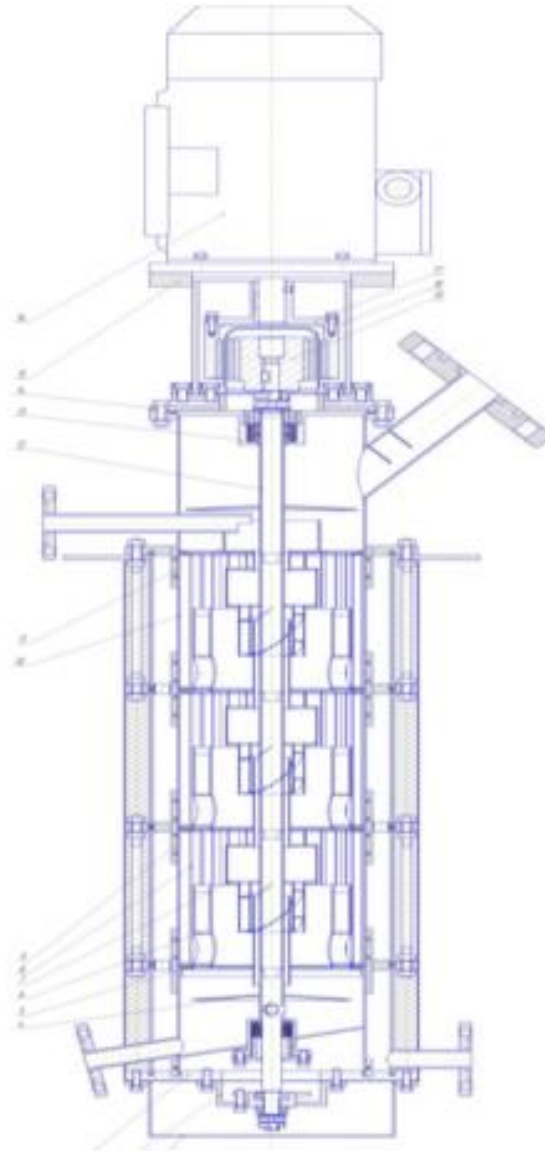


Рисунок 1- «концептуальная конструкция РРИ».

Впоследствии подобным образом, следуя алгоритму, по корпусам рассчитываются остальные параметры выпарной установки.

Так как расчет РРИ и выпарной установки на его базе довольно трудоемкий, имеет многоходовый алгоритм и требует от инженера повышенного внимания и многократного повторения вычислительных операций [1, 2, 4], он занимает длительный промежуток времени и подвержен высокому риску возникновения непреднамеренных ошибок, связанных с индивидуальными особенностями конструктора.

В ходе выполнения данной работы в среде Delphi 2010 [5], на языке программирования Pascal, был разработан программный продукт для расчета тепловых и геометрических параметров роторного распылительного испарителя, а также для расчета параметров выпарной установки на его базе. Данное программное обеспечение содержит в себе два справочника постоянных величин, а также возможность сохранения и печати, полученных в ходе расчета данных. Для работы программы необходим персональный компьютер стандартной комплектации с операционной системой Windows, принтер.

Результат работы программы представлен на рисунке 2.

Отчет по опыту № 1	Дата и время опыта 22.11.2018, 3:28:11	Начальные параметры опыта
<p>Необходимая площадь поверхности теплопередачи равна: 12231,4769311568</p> <p>Высота РРИ равна: 7,01167467391153</p> <p>Паросъем (количество выпаренного растворителя) по корпусам равно: Первый корпус - 99 Второй корпус - 72,6 Третий корпус - 48,4</p> <p>Производительность по продукту по корпусам равна: Первый корпус - 141 Второй корпус - 68,4 Третий корпус - 20</p> <p>Концентрация сухих растворимых веществ в продукте на выходе из корпусов равна: Первый корпус - 8,51063829787234 Второй корпус - 17,5438596491228 Третий корпус - 60</p> <p>Производительность по спирту в конденсате в корпусах равна: Первый корпус - 16,4 Второй корпус - 10,824 Третий корпус - 5,576</p> <p>Массовая концентрация спирта в конденсате по корпусам Первый корпус - 16,5656565656566 Второй корпус - 14,9090909090909 Третий корпус - 11,5206611570248</p> <p>Массовая концентрация спирта в упаренном продукте по корпусам равна: Первый корпус - 11,6312056737589 Второй корпус - 8,15204678362573 Третий корпус - 0</p>		<p>удельная теплоемкость конечного продукта, Дж/(кг*К) = 6000</p> <p>температура продукта на выходе из аппарата, C = 30</p> <p>плотность спирта, кг/м³, при нормальной температуре = 820</p> <p>объемное содержание спирта в начальном продукте, % об = 50</p> <p>объемная производительность выпарной установки по второму компоненту растворителя, м³/с = 0,04</p> <p>удельная теплота парообразования спирта при средней температуре t, Дж/кг = 12231,4769311568</p> <p>удельная теплота парообразования воды при средней температуре t, Дж/кг = 2256680</p> <p>удельная теплоемкость начального продукта, Дж/(кг*К) = 7,01167467391153</p> <p>температура продукта на входе в аппарат, C = 99</p> <p>удельная теплоемкость воды на входе в аппарат, C = 100</p> <p>температура воды на входе в аппарат, C = 100</p> <p>удельная теплоемкость воды на выходе, C = 4900</p> <p>температура воды на выходе из аппарата, C = 95</p> <p>массовая производительность выпарной установки по конечному продукту, кг/с = 20</p> <p>массовое содержание сухих растворимых веществ в конечном продукте, % масс = 60</p> <p>массовое содержание сухих растворимых веществ в начальном продукте, % масс = 5</p> <p>плотность начального продукта, кг/м³, при нормальной температуре = 1060</p> <p>толщина стенки цилиндрического распылителя = 0,003</p> <p>поверхностное натяжение начального продукта, Н/м = 0,06562</p> <p>динамическая вязкость начального продукта, Па*с = 0,0020468</p> <p>коэффициент скорости = 0,62</p>

Рисунок 2 – «Результат работы программы»

Таким образом, в ходе работы был создан программный продукт, позволяющий сократить время на рутинные вычисления, а также уменьшить число непреднамеренных ошибок возникающих в ходе длительных расчетов.

Список литературы

1. Гриценко В.В. Совершенствование машинно-аппаратурного оформления процессов производства жидких концентрированных пищевых продуктов с использованием роторного распылительного выпарного аппарата: Монография / В.В. Гриценко / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 135 с.

2. Третьякова Н.Г. Совершенствование технологии производства пищевых продуктов с использованием роторного распылительного испарителя: Дис... канд. техн. наук. – Кемерово, 2002. – 158 с.

3. Гриценко В.В. Обоснование использования концентрированных экстрактов из плодов боярышника кроваво-красного и калины обыкновенной в качестве витаминно-вкусовых добавок продуктов питания [Текст] / В.В. Гриценко// Труды Рубцовского индустриального института: Выпуск 17: Технические науки // Рубцовский индустриальный институт.- Рубцовск, 2007. – С. 19-25.

4. Гриценко В.В., Гарькавая Е.В. Разработка алгоритма расчета площади теплообменной поверхности роторного распылительного испарителя //Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 24-25 ноября 2016 г, посвященной 70-летию Рубцовского индустриального института. / Под ред. к.т.н. О.А. Михайленко; к.ф.-м.н., доцента Г.А. Обуховой / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2016. – С. 64-73.

5. Джулиан Бакнелл. Фундаментальные алгоритмы и структуры данных в Delphi. 2016 год. 550 стр.

СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ: ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Л.А. Гриценко, В.М. Белов

Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. В данной работе рассматривается проблемный вопрос одновременного использования двух методов (сигнатурного и аномалий) для решения задач обнаружения вторжений, а также история возникновения и применения систем обнаружения вторжений (СОВ), приводится краткое описание структур и принципов работы подобных систем, классификация данных систем по нескольким критериям, а так же проблемные вопросы использования СОВ.

Ключевые слова: обнаружение вторжений, системы обнаружения вторжений, сигнатуры, аномалии, интеллектуальный анализ данных (ИАД).

INTRUSION DETECTION SYSTEM: ISSUES OF USE AND THE VARIANT FOR IMPROVING EFFICIENCY

L.A. Grischenko, V.M. Belov

Novosibirsk State Technical University

Abstract. In this article, we consider the problematic question of the simultaneous use of two methods (signature and anomalies) for solving intrusion detection problems, as well as the history of the origin and application of intrusion detection systems (IDS), a brief description of the structures and principles of operation of such systems, classification of these systems by several criteria, as well as problematic issues of using IDS.

Keywords: *intrusion detection, intrusion detection system, signature, anomalies, data mining.*

Введение

О системах обнаружения вторжений написано множество статей, как об истории появления этих систем, различных вариантах классификации, а также комбинированных обзоров по данным вопросам, но существующая ситуация в современной области информационных технологий (ИТ) быстро изменяется и требует соответствующего пересмотра и непрерывного анализа.

В сфере ИТ СОВ начали разрабатывать и внедрять относительно недавно. Считается, что прообразом СОВ стала идея создания набора инструментов администратора, который упрощал бы аудит "следов активности" [1]. «Следами активности» могли быть журналы системных событий операционной системы, контрольные журналы доступа, изменения привилегий пользователей.

СОВ (*intrusion detection system*) *IDS*, специализированная система, используемая для идентификации того факта, что была предпринята попытка вторжения, вторжение происходит или произошло, а также для возможного реагирования на вторжение в информационные системы и сети [2].

На сегодняшний день СОВ называют множество различных программных и/или аппаратно-программных средств, объединяемых несколькими общими свойствами - анализом использования контролируемых ими ресурсов и, в случае обнаружения каких-либо подозрительных или просто нетипичных событий, способностью выполнить определенные действия по обнаружению, идентификации и уведомлению администратора.

Структура СОВ

Как правило, СОВ имеют следующую структуру, которая показана на рисунке 1[3].

- Сенсоры или Агенты – мониторят и анализируют активность защищаемых сетей и хоста. Термин сенсор используется для сетевого типа СОВ, включая беспроводную сеть. Термин агент используется для узлового (хостового) типа СОВ.

- Модуль Анализа - центральная подсистема, которая получает информацию от сенсоров и агентов, анализирует ее на предмет наличия атак, а также управляет сенсорами и агентами.

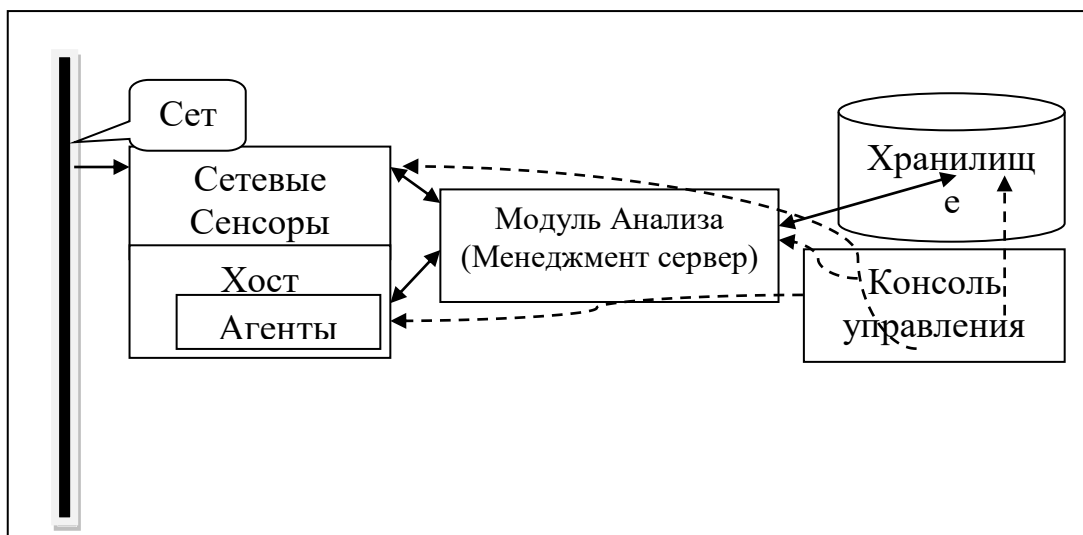


Рис. 1. Структура СОВ

- Сервер Базы Данных (БД) - хранилище информации о событиях, получаемых от агентов и сенсоров и (или) менеджмент сервера.

- Консоль управления - программное обеспечение (ПО) для конфигурирования СОВ и работы с ним пользователей. В большинстве СОВ консоль используется только для администрирования.

Классификация СОВ

Классификацию СОВ можно провести по нескольким критериям. Основные критерии приведены ниже [4].

По типу объекта мониторинга:

- узловые (хостовые) СОВ – осуществляют мониторинг активности одного узла в сети;
- сетевые СОВ – объектом мониторинга является сетевой сегмент.

По способу реагирования:

- пассивные – во время инцидента подается сигнал тревоги и вносится запись в журнал и/или журналы событий;
- активные (системы предотвращения вторжений, IPS) – осуществляют противодействие атаке.

По архитектуре:

- централизованные – все вычисления совершаются на одном рабочем компьютере (сервере);
- распределенные – система состоит из нескольких элементов: сенсоров, агентов, разнесенных по сети, вычислительному центру, хранилищу, а также консоли администратора.

По методу обнаружения атак:

- сигнатурные системы – осуществляют выявление известных атак по заранее введенным шаблонам;
- системы обнаружения аномалий – обладают профилем нормальной активности системы и детектируют отклонения от него;
- гибридные СОВ – совмещают два или более подхода.

Узловые и сетевые СОВ

Узловые СОВ (УСОВ) (*Host Intrusion Detection System – HIDS*) детектируют атаки, направленные на определенный узел сети. Они зависимы от операционной системы (ОС). Как правило, узловые СОВ устанавливаются на хосте, конфигурация которого не должна изменяться.

Согласно [5], узловые СОВ выполняют хотя бы одну из следующих функций:

- проверку целостности файловой системы и директорий;
- анализ входящих и исходящих сетевых соединений на предмет нарушения политик безопасности;
- анализ журналов событий на предмет отклонения от шаблонов (например, журналов приложений);
- анализ событий на уровне ядра ОС событий с привилегиями Root.

Мониторинг сетевых соединений очень полезен для выявления подозрительной активности вредоносных программ (например, исходящие соединения по протоколам *IRC, SSH, Telnet*). Входящие соединения могут свидетельствовать о несанкционированно запущенном серверном приложении, что тоже может оказаться симптомом заражения системы. В первом и во втором случаях приведенные признаками могут свидетельствовать о наличии сетевого червя или «бэкдора» [4].

Эффективной реализацией узловой СОВ является соответствующий драйвер или модуль ядра ОС. Такие системы сложно обойти, поскольку они обладают всеми возможными привилегиями, а потому способны блокировать атаки.

Сетевые СОВ (ССОВ) (*Network Intrusion Detection System – NIDS*) предназначены для детектирования атак в сегменте сети. Источником информации для них является сетевой трафик, заголовки и содержимое сетевых пакетов.

Они анализируют весь проходящий трафик во всей подсети, работая в так называемом скрытом (*stealth*) режиме, а затем сравнивают проходящий трафик с базой уже известных атак. Когда атака обнаружена и опознана, уведомление об этом отсылается администратору. Как пример установки ССОВ можно указать следующий - ССОВ устанавливается в той же подсети, что и брандмауэры для выявления попыток их обхода.

Сравнение основных возможностей СОВ приведено в Таблице 1 [5].

Активные и пассивные СОВ

Рассмотрим положительные и отрицательные стороны вышеуказанных СОВ.

Таблица 1

Возможности СОВ	Узловая (HIDS)	Сетевая (NIDS)
Контроль зашифрованных соединений	+	-
Контроль сегмента сети	-	+
Проведение активной защиты	+	+
Выявление изменений конфигурации	+	-
Анализ журналов компьютера	+	-

Большим плюсом активных СОВ является возможность сразу отреагировать на атаку, например, изменив конфигурацию файервола, тем самым заблокировав доступ злоумышленнику с определенного адреса. Пассивные СОВ в данном случае смогут только проинформировать об атаке, и это является их недостатком.

Однако, в случае ложного срабатывания СОВ, это же окажется большим недостатком активных СОВ. Например, когда пользователь пытался подключиться к сервису, но, несколько раз неправильно введя пароль, будет заблокирован системой путем изменения конфигурации сетевого оборудования. Очевидно, что восстановление доступа в этом случае займет много времени. Пассивные СОВ, в вышеуказанном примере, - наоборот, имеют преимущество, так как не повлияют на работу пользователя.

Централизованные и распределенные СОВ

Преимущество централизованных СОВ – они хорошо детектируют атаки, которые направлены на конкретный компьютер, но, в случае если мы говорим о сети, будет большой процент ложных срабатываний. И, наоборот, большим преимуществом распределенных СОВ является возможность с высокой долей вероятности (при правильной организации построения системы защиты) детектировать атаки на сегмент сети.

Сигнатурный метод и метод аномалий

Сигнатурный метод - СОВ анализируют проходящий трафик в сети и сравнивают пакеты с базой данных сигнатур (известных атрибутов атак).

Большинство СОВ сегодня, как правило, используют данный метод (например, «Форпост», ViPNet IDS, CISCO IPS 4510 и др.).

Преимущества СОВ с сигнатурным методом: высокая эффективность обнаружения атак, которые есть в базе сигнатур, нет необходимости дополнительно обучать систему - она сразу готова к работе.

Одним из существенных недостатков СОВ такого типа считается высокая частота появления новых вредоносных программ (атак), поэтому приходится генерировать большое количество новых сигнатур. При наличии большой базы данных сигнатур производительность СОВ будет требовать больших вычислительных ресурсов и снижается эффективность детектирования злоупотреблений. Так же СОВ неспособна детектировать новые атаки, информация о которых отсутствует в базе данных сигнатур.

СОВ, которые используют метод обнаружения аномалий, «знают», каким должно быть нормальное поведение контролируемой сети, и реагируют на отклонения от профиля нормальной активности. Для осуществления такого мониторинга СОВ сначала обучают, то есть записывают всю информацию, которая характеризует нормальное состояние сети.

Преимущества СОВ, которые используют метод аномалий: способность детектировать неизвестные атаки, отсутствие базы сигнатур позволяет не привязываться к конкретному производителю СОВ.

Из недостатков следует выделить следующие:

- может быть высокий уровень ложных срабатываний (зависит от времени «обучения» СОВ: чем больше период обучения, тем меньше ложных срабатываний);

- сложность настройки СОВ, как правило, время «обучения» СОВ и стратегия обучения зависят от конкретной архитектуры информационной среды.

Отдельно отметим, что для уменьшения количества ложных срабатываний СОВ, которые используют как сигнатурный метод, так и метод аномалий, необходимо провести дополнительные настройки, которые зависят от имеющейся сети и принципов ее работы.

Гибридные СОВ - совмещают несколько подходов к разработке СОВ. Данные от агентов на хостах комбинируются с сетевой информацией для создания наиболее полного представления о безопасности сети.

Гибридный метод обнаружения атак объединяет сигнатурный метод и метод обнаружения аномалий (отклонений от нормального поведения). Преимущества данного метода: СОВ сохраняет устойчивость к известным атакам и низкую вычислительную сложность при обнаружении злоупотреблений, а также приобретает дополнительное свойство адаптивности к неизвестным атакам. Наличие данных свойств позволяет использовать метод в системах обнаружения атак общего назначения, а также в автономных системах, для которых все перечисленные выше свойства являются критичными.

Заключение

Несмотря на большое количество публикаций на тему совершенствования эффективности работы СОВ, нигде не был рассмотрен вопрос оптимального использования обоих методов (сигнатурного и аномалий) в СОВ. На сегодняшний день, с учетом снижения интереса многих компаний к СОВ, – это может быть «вторым дыханием» СОВ.

Ключевым моментом в данном случае будет именно оптимальное использование обоих методов. Проверенный сигнатурный метод позволит, используя базу известных сигнатур, сразу запустить систему в работу. Самое главное здесь - подготовить базу сигнатур, наиболее распространенных атак, что позволит сделать работу СОВ более производительной.

Далее следует начать обучение системы стандартному поведению сети для последующего включения механизма обнаружения аномалий. Один из перспективных вариантов – это использование в данной задаче методов интеллектуального анализа данных (Data Mining) (МИАД) [6].

По мнению авторов, объединение двух методов (сигнатурного и аномалий) в СОВ позволит уменьшить количество ложных срабатываний и увеличит эффективность СОВ.

Список литературы

1. Anderson, James P. Computer Security Threat Monitoring and Surveillance / James P. Anderson, Washing, PA, 1980.

2. Scarfone Karen, Mell Peter Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS) // Scarfone Karen, Mell Peter. Computer Security Resource, Austin, 2007.

3. Котов В.Д., Васильев В.И. Современное состояние проблемы обнаружения сетевых вторжений, Вестник УГАТУ, 2012, №3(48), С.198-204.

4. de Boer P., Pels M. Host-based intrusion detection systems. интернет ресурс, режим доступа: <http://staff.science.uva.nl/~delaat/snb-2004-2005/p19/report.pdf>.

5. Попов А.Ф., Попова Е.А. Системы выявления и предотвращения вторжений в компьютерные системы, их перспективы // Научно-технический вестник, 2006, № 1-2. С. 68-73.

6. Зубков Е.В., Белов В.М. Методы интеллектуального анализа данных и обнаружение вторжений // Вестник СибГУТИ, 2016, №1.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА LAMMPS

Е.А. Дудник, Т.С. Нагих, В.Г. Дудник

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация. Работа посвящена моделированию кристаллической решетки сплава Ni₃Al, подсчету минимальной энергии кристалла.

Ключевые слова: кристалл, сплав, энергия, lammps.

MODELING OF STRUCTURAL TRANSFORMATIONS USING THE LAMMPS PACKAGE

E.A. Dudnik, T.S. Nagih, V.G. Dudnik

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University
named after I.I. Polzynov*

Abstract. The work is devoted to modeling the crystal lattice of the Ni₃Al alloy, counting the minimum energy of the crystal.

Keywords: crystal, alloy, energy, lammps.

Введение

Внимание к развитию численных методов решения основных технических задач является следствием широкого применения компьютерных технологий, быстрого развития вычислительной техники, возрастающего объема разнообразного программного обеспечения [1-3]. Традиционно, методы научных исследований делились на фундаментальные и экспериментальные. Появление исследований методом компьютерного эксперимента является взаимодополняющим и соединяющим два традиционных подхода в один [4-6]. Действительно, с одной стороны, для проведения компьютерного эксперимента нужна теоретическая база, чтобы сформулировать постановку задачи и предсказать предполагаемый результат, с другой стороны, результаты натуральных экспериментов являются критериями истинности и достоверности теоретических предположений. Компьютерный эксперимент может быть

представлен как модель экспериментального исследования и служить проверкой первоначальной гипотезы. В ходе компьютерного эксперимента может быть установлены зависимости определенных свойств объекта исследования и его структурных характеристик. Компьютерный эксперимент является хорошим дополнительным инструментом для исследователей: с одной стороны, он не может существовать без теоретической основы, а другой – должен быть подтвержден натурным экспериментом. Хорошо спланированный компьютерный эксперимент может сэкономить огромные средства на техническое оборудование и подобрать оптимальные условия проведения эксперимента натурального[7-9].

Целью данной статьи является проведения анализа методов молекулярной динамики для исследователей, которые работают в области моделирования структурных превращений в кристаллах на атомном уровне.

Методика моделирования

Метод молекулярной динамики (метод МД) — метод, в котором временная эволюция системы взаимодействующих атомов или частиц отслеживается интегрированием их уравнений движения.

Основные положения:

1. Для описания движения атомов или частиц применяется классическая механика. Закон движения частиц находят при помощи аналитической механики.

2. Силы межатомного взаимодействия можно представить в форме классических потенциальных сил (как градиент потенциальной энергии системы).

3. Точное знание траекторий движения частиц системы на больших промежутках времени не является необходимым для получения результатов макроскопического (термодинамического) характера.

4. Наборы конфигураций, получаемые в ходе расчетов методом молекулярной динамики, распределены в соответствии с некоторой статистической функцией распределения, например отвечающей микроканоническому распределению.

Метод классической (полноатомной) молекулярной динамики позволяет с использованием современных ЭВМ рассматривать системы, состоящие из нескольких миллионов атомов на временах порядка нескольких пикосекунд. Применение других подходов (тяжело-атомные, крупно-зернистые (coarse-grained) модели) позволяет увеличить шаг интегрирования и тем самым увеличить доступное для наблюдения время до порядка микросекунд. Для решения таких задач все чаще требуются большие вычислительные мощности, которыми обладают суперкомпьютеры.

Метод молекулярной динамики, изначально разработанный в теоретической физике, получил большое распространение в химии и, начиная с 1970-х годов, в биохимии и биофизике. Он играет важную роль в определении структуры белка и уточнении его свойств (см. также кристаллография, ЯМР). Взаимодействие между объектами может быть описано силовым полем (классическая молекулярная динамика), квантовохимической моделью или

смешанной теорией, содержащей элементы двух предыдущих (QM/MM (quantum mechanics/molecular mechanics, QMMM (англ.)).

Наиболее популярными пакетами программного обеспечения для моделирования динамики биологических молекул являются: AMBER, CHARMM (и коммерческая версия CHARMM), GROMACS, GROMOS, LAMMPS, HOOMD-blue и NAMD.

Средства моделирования

LAMMPS - это классический молекулярный динамический (MD) код, который моделирует частицы частиц в жидком, твердом или газообразном состоянии. Он может моделировать атомарные, полимерные, биологические, твердотельные (металлы, керамику, оксиды), гранулированные, крупнозернистые или макроскопические системы с использованием различных межатомных потенциалов (силовых полей) и граничных условий. Он может моделировать 2d или 3d системы начиная от нескольких частиц до миллионов или миллиардов.

OVITO - это научное программное обеспечение для визуализации и анализа данных атомистики и моделирования частиц. Это помогает ученым лучше понять материальные явления и физические процессы. Программа свободно доступна для всех основных платформ под лицензией с открытым исходным кодом. Он служил во все большем числе вычислительных симуляционных исследований как мощный инструмент для анализа, понимания и иллюстрации результатов моделирования.

Алгоритм моделирования

1. Определить тип частиц
2. Определить стиль атомов
3. Задать измерение
4. Определить граничные условия
5. Определить тип взаимодействия
6. Задать параметр решетки
7. Задать начальную температуру
8. Задать кол-во шагов для вычислений
9. Определить выходную информацию
10. Запустить молекулярную динамику с заданным количеством шагов
11. Вывести результаты в файл и/или на консоль

Параметры моделирования

В качестве объектов исследования был выбран модельный бинарный сплав Ni_3Al , а также кристаллы Cu, Al, Zr, Cr. Атомы бинарного сплава Ni_3Al размещены в ГЦК решетке в соответствии со сверхструктурой $L1_2$. Размер кристалла составляет: $12 \times 12 \times 12$ (6912) атомов, на границы блока накладываются периодические граничные условия. Параметр решетки $3,52 \text{ \AA}$ хорошо коррелирует с экспериментальными данными. Аналогичные параметры со следующими параметрами решетки были заданы соответственно Cu - $3,61 \text{ \AA}$, Al - $4,05 \text{ \AA}$, Zr - $4,55 \text{ \AA}$, Cr - $3,64 \text{ \AA}$. Значения температуры изменялись в пределах 100K – 1200K.

Результаты моделирования Простых кристаллов:

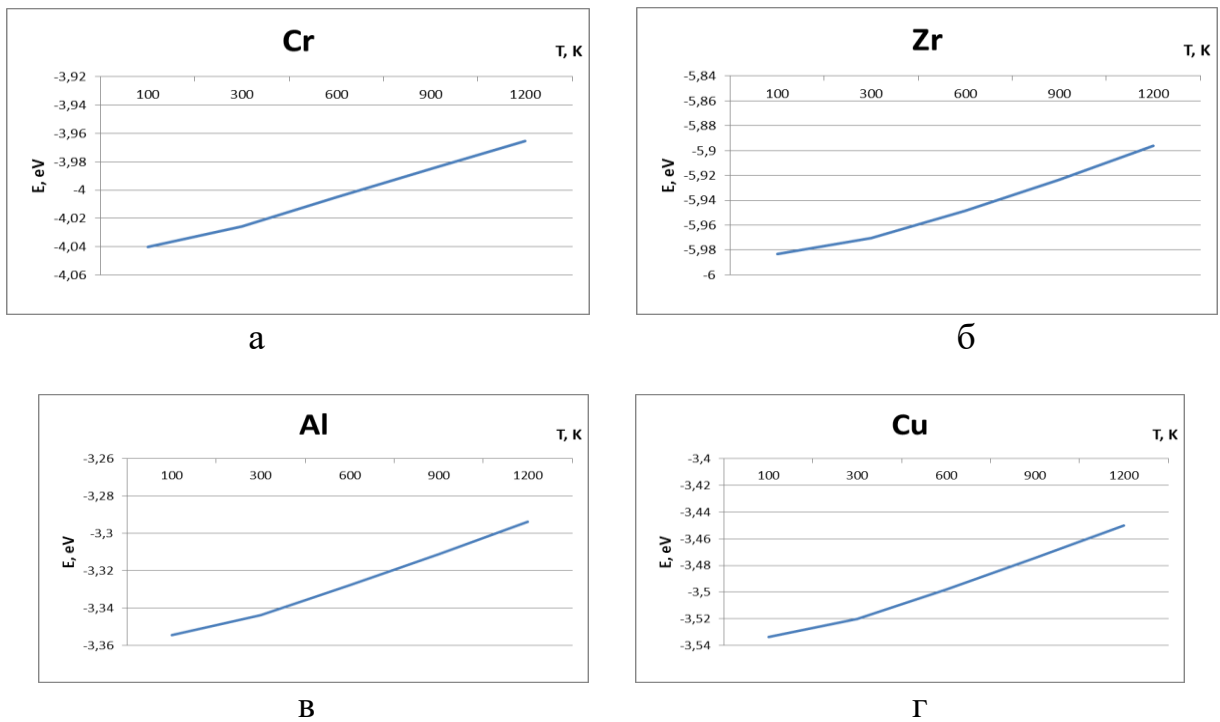


Рис. 1. Зависимость потенциальной энергии от температуры

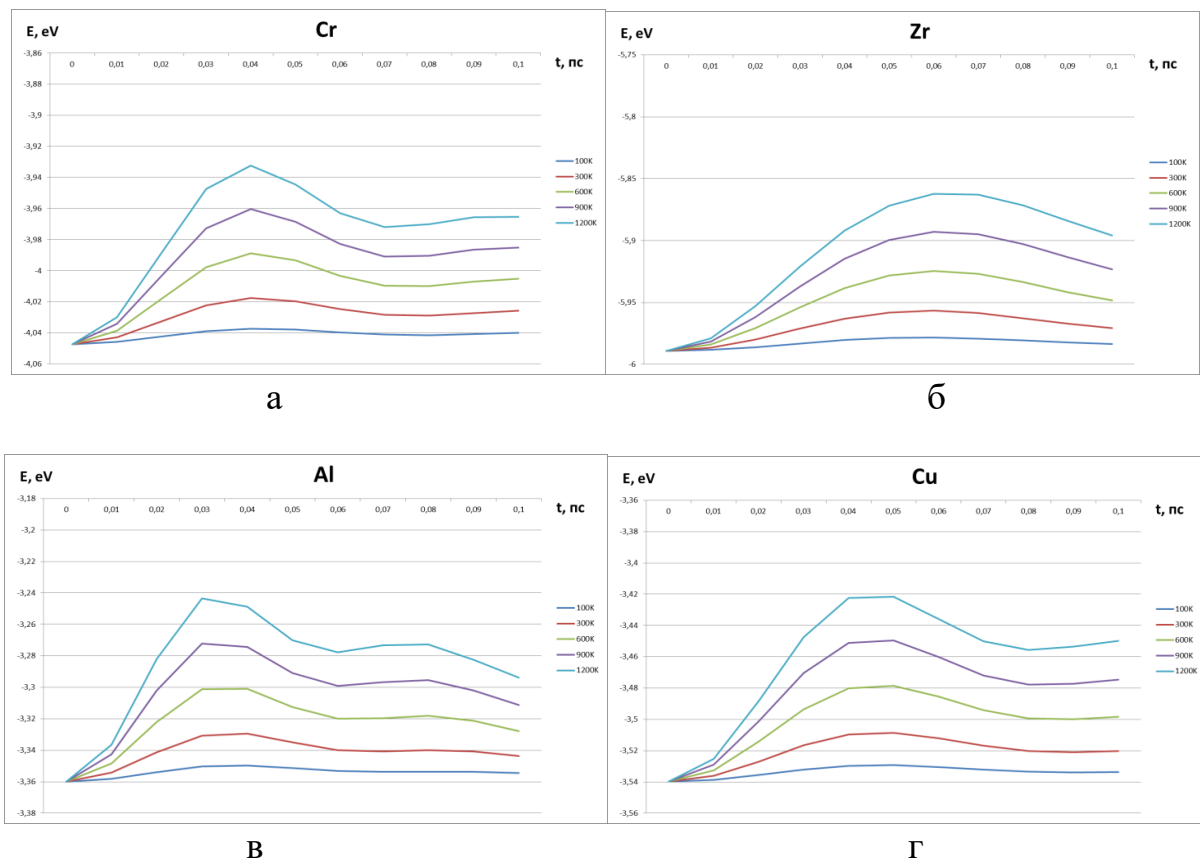


Рисунок 2. Зависимость потенциальной энергии от времени при различных температурах

Для сплава:

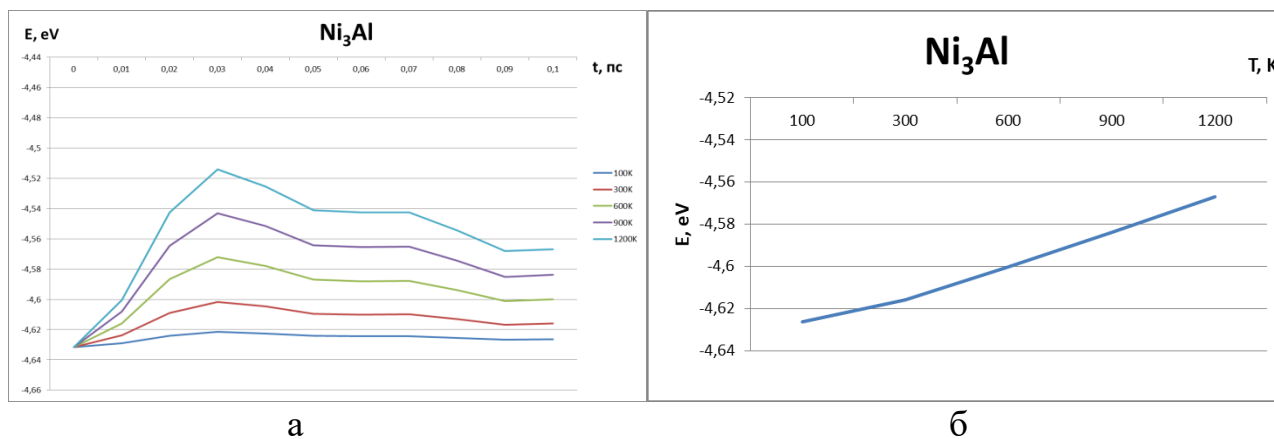


Рис. 3. Зависимость энергии от времени при различной температуре и зависимость от энергии от температуры

Визуализация в OVITO:

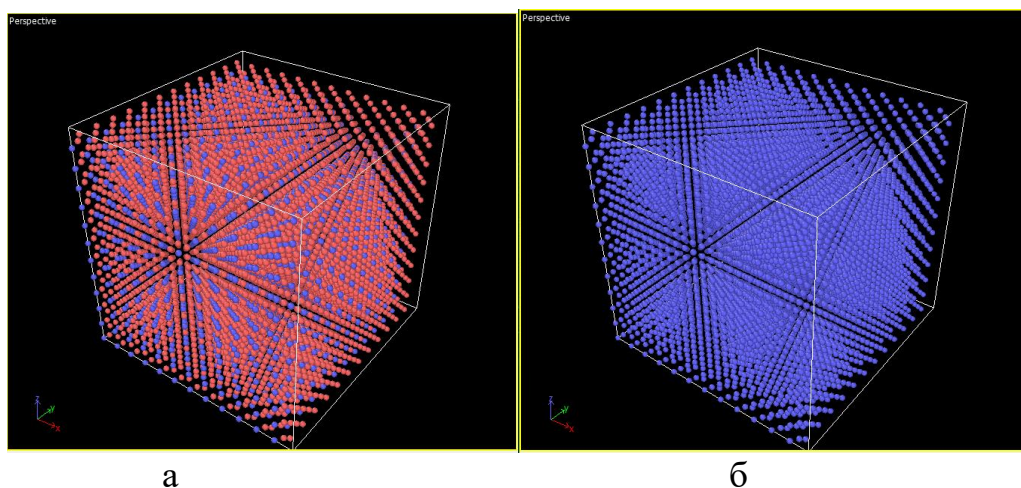


Рис. 4. Визуализация. а) Сплав Ni₃Al , б)Cr

В результате работы была рассчитана потенциальная энергия на атом при различных условиях моделирования и построены графики зависимости изменения энергии от времени и от температуры.

Список литературы

1. Кирсанов, В.В. ЭВМ-эксперимент в атомном материаловедении / В.В. Кирсанов // М.: Энергоатомиздат. – 1990. – 303 с.
2. Дудник, Е.А. Моделирование процесса разупорядочения сплавов стехиометрического состава A₃B, A₂B, AB сверхструктуры тонкой пленки / Е.А. Дудник, Г.М. Полетаев, О.В. Андрухова, М.Д. Старостенков //Изв. вузов. Физика.– 2002.– Т.44. – №8 (приложение) – С. 37-46.

3. Дудник, Е.А. Динамическое взаимодействие между точечными парами дефектов замещения в тонкой пленке АЗВ сверхструктуры L12 / Е.А. Дудник, М.Д. Старостенков // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2003. – №6. – С. 33-34.
4. Экштайн, В. Компьютерное моделирование взаимодействия частиц с поверхностью твердого тела /Пер. с англ. / В. Экштайн // М.: Мир.– 1995. –321с.
5. Потекаев, А.И. Термоактивируемые перестройки структуры бинарного сплава CuAu при отклонении от стехиометрического состава / А.И. Потекаев, Е.А. Дудник, М.Д. Старостенков, В.В. Кулагина, В.С. Мясниченко // Известия вузов. Физика. 2010. – Т. 53.– №3. – С. 3-13.
6. Черненко, С.А. Исследование прочностных свойств сплава Ni3Al методом наноиндентирования / С.А. Черненко, Д.В. Дудник, Е.А. Дудник // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. – 2010. – Т. 15. – Вып. 3. – С. 1265-1268.
7. Скоробогатов, М.С. Моделирование процесса интенсивной пластической деформации в сплаве Ni3Al (111) / М.С. Скоробогатов, Д.В. Дудник, Е.А. Дудник // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки, 2010, Т. 15, Вып. 3, С. 1247-1252.
8. Дудник, Е.А. Влияние линейных дефектов, температуры и деформации на изменения дальнего порядка в сплаве Ni3Al / Е.А. Дудник, А.В. Яшин, Д.В. Дудник, Н.В. Сеница //Деформация и разрушение материалов. 2010. №12. С. 12-18.
9. Дудник Е.А., Старостенков М.Д. Атомные механизмы формирования структурных особенностей в сплавах со сверхструктурой L12: монография.- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, ISBN 978-5-9906075-7-6, 2015, 247с.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАЗУЗЛОВАННЯ В СРЕДЕ DELPHI

В.Г. Дудник, Д.А. Фартышев

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация. Работа посвящена разработке программного обеспечения в среде Delphi по управлению базой данных предприятия по производству мебели с использованием алгоритма разузлования.

Ключевые слова: *автоматизированный учёт, алгоритм разузлования изделия.*

IMPLEMENTATION OF THE DISCLOSURE ALGORITHM IN THE DELPHI ENVIRONMENT

V.G. Dudnik, D.A. Fartyshev

Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University named after I.I. Polzynov

Abstract. The work is devoted to the development of software in the Delphi environment for managing a database of a furniture manufacturing company using an explosive algorithm.

Keywords: *automated accounting, product explosion algorithm.*

Введение

Производственные предприятия широко используют автоматизацию для экономических, конструкторских и технологических задач. Создание программного обеспечения для ведения документации, работы с базой данных является актуальной.

Современное производство включает в себя все основные этапы: обработку деталей, а также узловую сборку и общую сборку изделия. При производстве изделия применяется алгоритм разузлования необходимый для представления его внутренней структуры.

Разузлование изделий – это начальная стадия производственных циклов, на которой материализуется замысел конструкторов. Для создания изделия необходимо разработать технологический процесс изготовления отдельных деталей.

Целью данной работы является создание в среде Delphi специализированного программного обеспечения для ведения базы данных применив алгоритм разузлования для производственных предприятий. Программа предназначена для использования специалистами производства: конструктор, экономист планово-экономического отдела, начальник отдела по производству.

Описание алгоритма разузлования

Для начала работы необходимо рассмотреть принцип разузлования: готовые изделия сборочных единиц, включающие в себя детали, узлы и подузлы (рисунок 1).

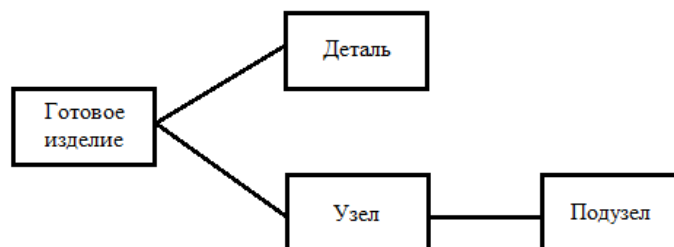


Рис. 1. Схема принципа разузлования

Под разузлованием будем понимать преобразование древовидной структуры изделия в линейное представление в виде итоговой таблицы, содержащей информацию о применяемости, непосредственной и вложенной входимости, а также комплектности узла или изделия [1].

Для производства стол круглый (E1) требуются: один узел состоящий из двух деталей и ещё три сборочные единицы. Для производства стула (E2) требуются: три узла состоящие из двух деталей каждый и ещё три сборочные единицы.

Потребность в узлах $(B_j, j = \overline{1, m})$ для производства изделий $(E_i, i = \overline{1, n})$ (таблица 1) [3].

Таблица 1

Таблица применяемости

Для производства	Необходимо , штук			
	B_1	B_2	B_3	B_4
E_1	1	0	0	0
E_2	0	1	1	1

Потребность в деталях ($T_k, k = \overline{1, l}$) для производства узлов ($B_j, j = \overline{1, m}$) (таблица 2) [3].

Таблица 2

Таблица вложенной входимости

Для производства	Необходимо , штук						
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7
B_1	3	1	0	0	0	0	0
B_2	0	0	2	0	1	0	0
B_3	0	0	0	2	1	0	0
B_4	0	0	0	0	0	1	1

Построим граф, отражающий схему технологических взаимосвязей (рисунок 2).

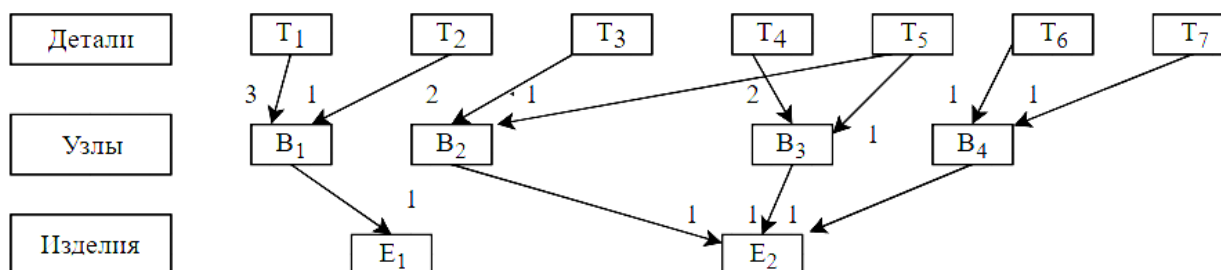


Рис.2. Граф для алгоритма разузлования

При разузловании база заполняется данными головной спецификации и данными всех в нее вложенных спецификаций [2]. В графах «Количество» отображается общее количество в постоянной части головной спецификации, а в графах «Степень вхождения» количество по каждому исполнению, при этом каждая позиция изделия присутствует в таблице один раз независимо от количества применяемости в разных спецификациях узлов и подузлов.

Полная информация о входимости и применяемости сборочных единиц или узлов в который была занесена номенклатурная позиция показана в таблицах «Состав изделий» и «Справочник узлов», либо выводится с помощью ведомости, имеющих в программном обеспечении.

Постановка задачи

Для разработки программного обеспечения разработана база данных специализированная для производства изделий мебельной фабрики с использованием алгоритма разузлования.

Была построена ER-диаграмма базы данных (рисунок 3).

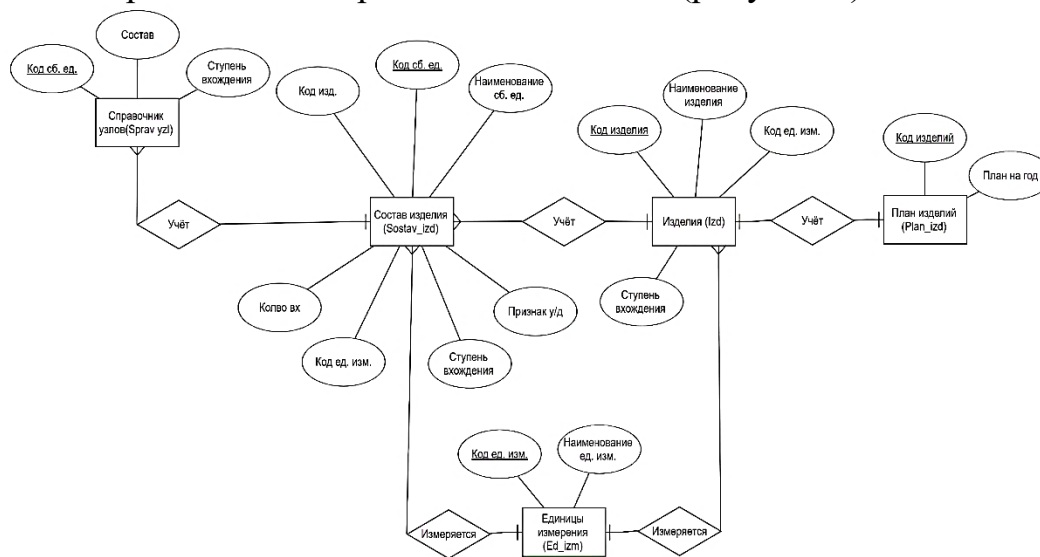


Рис. 3. ER-диаграмма

Согласно алгоритму разузлования были выделены сущности и в соответствии с ними построены таблицы в базе данных:

- Изделия(Izd) – содержит основные сведения о выпускаемых изделиях;
- Состав изделия (Sostav_izd) – содержит основные сведения об узлах и сборочных единицах, требуемых для изготовления изделия;
- Справочник узлов (Sprav_uzl) – содержит основные сведения о составе узлов;
- План изделий (Plan_izd) – содержит основную информацию о плане выпуска изделий в год;
- Единицы измерения (Ed.Izm) – содержит основную информацию о единицах измерения.

В программе реализована ведение базой данных, просмотр/вывод на печать номенклатур изделий и ведомостей разузлования, поиск по категориям и расчёт применяемости деталей и сборочных единиц в изделии, просмотр подробной справки для работы с программой.

Результаты работы

База данных была разработана в среде MicrosoftAccess 2016, где были в полной мере выполнены все требования к базе необходимые для применения алгоритма разузлования. Программа для работы с ней реализована на алгоритмическом языке ObjectPascal в среде Delphi и при связи программы и файла базы данных по Microsoft.Jet.OLEDB.4.0.

Работа программы на ввод данных разузлования изделия круглый стол (рис.4).

Редактирование записей

Список изделий

Название изделия: План на год: ед.

Название изделий:

Состав изделий

Код сб.ед.: Узел Сб.ед.

Название сб.ед.:

Кол-во вх: ед.

Код ед измерения:

Добавить Внести

Код_сб_ед	Наименование сб.ед.	Колво_вх (шт)	Код_единицы_измерения	Признак_у/д
51	Столешница	1	657	Сб.ед
52	Опора	1	657	Узел
53	Планка соединения	1	657	Сб.ед
54	Гайка	6	796	Сб.ед

Справочник узлов

Код сб.ед.: Состав:

Добавить

Добавить изделие Сохранить и выйти

Рис. 4. Ввод записей

После ввода данных в базу данных, возможен просмотр всех производимых изделий на предприятии, включая состав изделий (рис. 5).

Модель основного производства

Дополнительная информация: Справочник узлов План на год

Редактировать базу

Код_изделия	Наименование изделия
50	Стол круглый
51	Стол
52	Диван
53	Стол квадратный
54	Тумба
55	Шкаф-купе

Код_сб_ед	Наименование сб.ед.	Колво_вх (шт)	Код_единицы_измерения	Признак_у/д
61	Задние ножки	2	657	Узел
62	Передние ножки	2	657	Узел
63	Проножка	2	796	Сб.ед
64	Спинка	1	657	Узел
65	Сиденье	1	657	Сб.ед
66	Гайка	6	657	Сб.ед
Код_сб_ед Состав				
61	Ножки			
61	Царга			

Рис. 5. Разузлование изделий

Результаты работы программы протестированы на примерах данных продукции мебельной фабрики с использованием метода разузлования готовых изделий на узлы и детали для планирования закупки материалов и комплектующих.

Заключение

Создано в среде Delphi специализированное программное обеспечение для работы с базой данных, применён алгоритм разузлования для нужд производственных предприятий.

Был применен алгоритм разузлования на производстве мебели с использованием для разработки специализированного программного обеспечения для работы с базой данных.

Список литературы

1. Агарков, А.П. Теория организации. Организация производства: Интегрированное: Учебное пособие для бакалавров / А.П. Агарков, Р.С. Голов. - М.: Дашков и К, 2015. - 272 с.
2. Белова, Т.А. Технология и организация производства продукции и услуг / Т.А. Белова, В.Н. Данилин. - М.: КноРус, 2013. - 238 с.
3. Радько, Т.Н. Организация производства (для ссузов) / Т.Н. Радько. - М.: КноРус, 2013. - 352 с.

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ТОНКИХ ДИСКОВ В ПРОЦЕССЕ ИМПУЛЬСНОГО ЗАКАЛОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Д.А. Игнатков, Г.Ф. Бетенья

Белорусский государственный аграрный технический университет

Аннотация. Приведены результаты моделирования температурных полей в процессе импульсно-закалочного охлаждения стальных тонких дисков. Обработка экспериментальных данных и проведение численных и символьных вычислений выполнено в системе Maple 18. Результатом упрочнения является образование в поверхностном слое высокопрочной нанокристаллической фрагментированной структуры мартенсита.

Ключевые слова: тонкие диски, импульсное охлаждение, температура, время тепловой релаксации, скорость охлаждения, нанокристаллическая структура.

THE THERMAL STATE OF THIN DISKS IN THE PROCESS OF IMPULSE HARDENING COOLING

D.A. Ignatkov, G.F. Betenya

Belarusian state agrarian technical university

Abstract. The results of simulation of temperature fields in the process of pulse quenching cooling of steel thin discs are presented. Experimental data processing and numerical and symbolic calculations are performed in the Maple 18 system. The result of hardening is the formation of a high-strength nanocrystalline fragmented martensite structure in the surface layer.

Keywords: thin discs, impulse cooling, temperature, thermal relaxation time, cooling rate, nanocrystalline structure.

Введение

В последние годы для упрочнения деталей рабочих органов машин используется импульсная закалка в условиях высокоскоростного охлаждения

жидкостью [1]. Для осуществления технологического процесса упрочнения тонкостенных заготовок типа тонких дисков используется закалочное устройство [2], в котором протекает интенсивный режим закалочного охлаждения при омывании их поверхностей потоками воды или водными растворами кальцинированной соды под давлением до 0,5 МПа. При этом происходит высокоскоростное закалочное охлаждение, о чём свидетельствуют экспериментальные кривые на рис. 1а, показывающие, что через короткий промежуток времени до 0,5 секунд температура раскалённой стальной пластины от 800 градусов резко уменьшается на ~750 градусов с очень большой скоростью закалочного охлаждения.

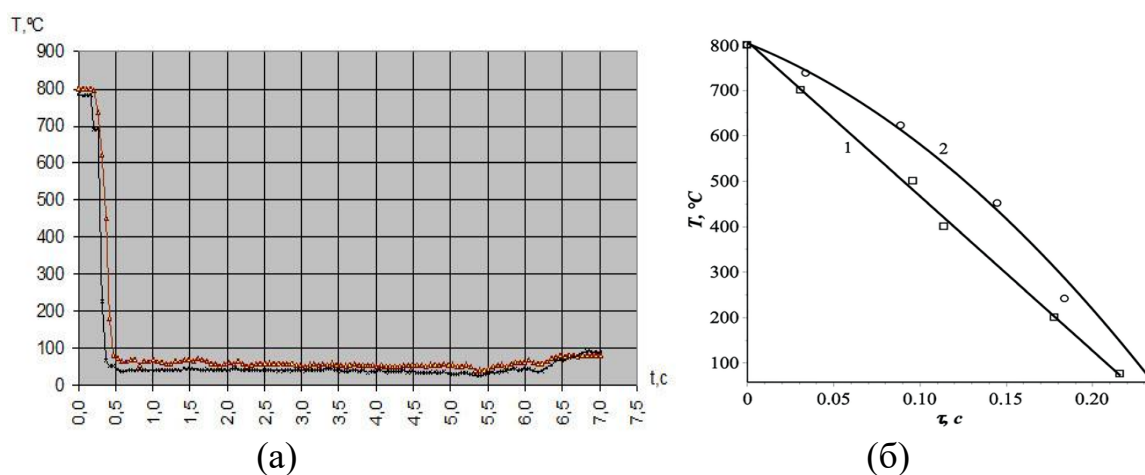


Рис. 1. Экспериментальные кривые (а) ($t = \tau$) [1] и аппроксимированные кривые (б) изменения температуры в глубине 1 мм от нижней (1) и верхней (2) поверхности стальной пластины толщиной 8 мм при импульсном охлаждении наружных плоских поверхностей потоками воды под давлением 0,36 МПа

Согласно новой физической модели [3] (дополнительный список литературы можно найти в публикации [4]), можно полагать, что именно **микропузырьковый режим кипения** протекает в закалочном устройстве [2], при котором мощный перенос тепла от раскаленного диска к жидкости происходит из-за наличия шероховатостей поверхности и волнового течения жидкости. При этом гребни шероховатостей «прорывают» паровую пленку, вследствие чего происходит их контакт с пиками волн при движении охлаждающей жидкости. Такие многочисленные контакты оказываются достаточными для того, чтобы большое количество тепла переносилось от раскалённого тела к охлаждаемой жидкости, обуславливающее возникновение очень высоких скоростей охлаждения раскалённых тел в недогретых жидкостях [3]. Действительно, в работе [5] численное моделирование показало, что при значениях коэффициента теплоотдачи в пределах $(30-50) \cdot 10^3$ Вт/(м²·К) скорость охлаждения составляет $(7,5-12,5) \cdot 10^6$ град/с, причём после ~1,5 секунд охлаждения температура выравнивается до температуры потоков охлаждающей воды. Однако в этой работе учитывались не действительные значения коэффициентов теплоотдачи, а предполагаемые их величины,

возможно лежащие в указанном диапазоне. Поэтому важным является определение реальных значений коэффициентов теплоотдачи в таком уникальном процессе закалочного импульсного охлаждения в устройстве [2] с учётом времени тепловой релаксации металла, а также установление фазово-структурного состояния поверхностного слоя после его модифицирования при различных технологических условиях упрочнения.

Методика численного моделирования

Численное моделирование температурных полей выполнялось в системе Maple 18 для заготовок диска из стали марки 35 с толщиной 4 мм и внутренним 30 мм и наружным 380 мм диаметрами. Начальные T_n температуры после предварительного нагрева принимаются равными 800°C и 900°C, которым соответствуют коэффициенты теплопроводности $\lambda = 29$ Вт/(м·К) и $\lambda = 28$ Вт/(м·К). Коэффициенты температуропроводности рассчитывались по формуле $a = \lambda/c\rho$, в которой средняя величина объемной теплоемкости $c = 564,34$ Дж/(м³·К) и среднее значение плотности $\rho = 7,685 \cdot 10^3$ кг/м³ в интервале температур от нормальной до величины температуры T_n . Температуры T_{s1} и T_{s2} потоков охлаждающей воды приняты равными 15°C, 20°C и 25°C. Процедура LSF [6] использовалась для аппроксимации справочных, экспериментальных и расчетных данных.

Теплофизический смысл процесса импульсного закалочного охлаждения состоит в следующем. В начале заготовки дисков (рис. 2) нагреваются до начальной температуры T_n , а затем с момента времени $\tau = 0$ начинается их импульсное охлаждение со стороны нижней $-h/2$ и верхней $+h/2$ поверхности потоками воды с температурами T_{s1} и T_{s2} , движущихся под давлением в горизонтальном направлении. Между нижней и верхней поверхностями с охлаждающей водой происходит конвективный теплообмен с коэффициентами теплоотдачи α_1 и α_2 . Так как соотношения $R_1/R_2 \leq 0,08$ и $h/(R_2 - R_1) \leq 0,025$, то учет изменения температуры $T(z,\tau)$ по координате z в сечениях с радиусами r и r_1 является основным.

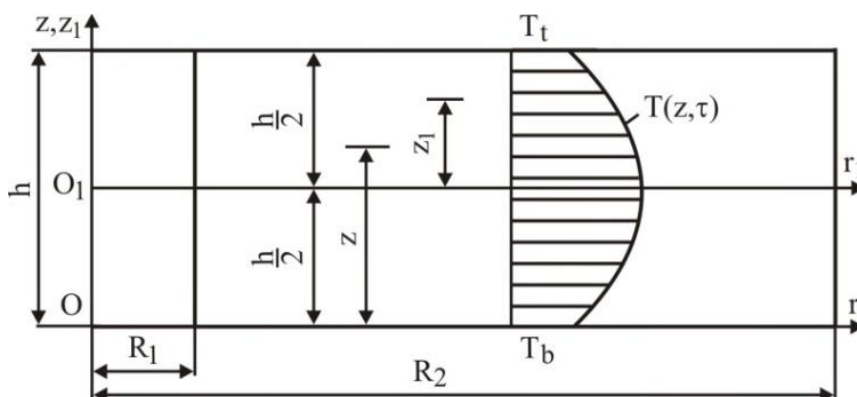


Рис. 2. Расчетная схема диска: R_1 и R_2 - внутренний и наружный радиусы; h - толщина

Численное моделирование нестационарных температурных полей $T(z,\tau)$ проведено для двух технологических вариантов упрочнения дисков. При

неучёте времени релаксации теплового потока в основу кладётся аналитическое решение параболического уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial T(z, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(z, \tau)}{\partial z^2} \quad (1)$$

с граничными условиями III-го рода

$$T(z, 0) = T_n; \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} T(0, \tau) = H_1 (T(0, \tau) - Ts_1); \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} T(h, \tau) = -H_2 (T(h, \tau) - Ts_2), \quad (4)$$

а также с граничными условиями, когда нижняя поверхность диска является теплоизолированной, а на верхней поверхности происходит конвективный теплообмен:

$$\frac{\partial}{\partial z} T(0, \tau) = 0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} T(h, \tau) = -H_2 (T(h, \tau) - Ts_2), \quad (6)$$

где a - коэффициент температуропроводности; $H_1 = \alpha_1/\lambda$ и $H_2 = \alpha_2/\lambda$ - относительные коэффициенты теплообмена; λ - коэффициент теплопроводности.

Для первого варианта технологического упрочнения импульсной закалкой, которому соответствуют начальное (2) и граничные условия (3) и (4), используется решение уравнения (1) из таблиц Карташова [7, 8] в виде улучшенной формулы

$$T(z, \tau) = TS(z) + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A1_k(z)A2_k}{A3_k} e^{-\frac{ak^2\pi^2\tau}{h^2}}, \quad (7)$$

в которой присутствуют следующие выражения:

$$TS(z) = \frac{(H_1 + H_1 H_2 (h - z)) Ts_1 + H_2 (1 + H_1 z) Ts_2}{H_1 + H_2 + H_1 H_2 h};$$

$$A1_k(z) = (\mu_k^2 + H_2^2 h^2) H_1 h \left(\mu_k \cos\left(\frac{\mu_k z}{h}\right) + H_1 h \sin\left(\frac{\mu_k z}{h}\right) \right);$$

$$A2_k = Tn - Ts_1 + \frac{(-1)^{k+1} H_2 h \sqrt{\mu_k^2 + H_1^2 h^2}}{H_1 h \sqrt{\mu_k^2 + H_2^2 h^2}} (Tn - Ts_2);$$

$$A3_k = \mu_k \left((\mu_k^2 + H_1^2 h^2)(\mu_k^2 + H_2^2 h^2 + H_2 h) + H_1 h (\mu_k^2 + H_2^2 h^2) \right);$$

$$\mu_k - \text{корни тригонометрических уравнений } \cot(\mu_k) = \frac{\mu_k}{(H_1 + H_2)h} - \frac{H_1 H_2 h}{\mu_k (H_1 + H_2)}.$$

Для второго технологического варианта упрочнения с краевыми условиями (2), (5) и (6) из таблиц Карташова [7, 8] принимаем улучшенную формулу

$$T(z, \tau) = Ts_2$$

$$+ 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\mu_k^2 + H_2^2 h^2) (Tn - Ts_2) (-1)^{k+1} H_2 h \cos\left(\frac{\mu_k z}{h}\right)}{\mu_k (\mu_k^2 + H_2^2 h^2 + H_2 h) \sqrt{\mu_k^2 + H_2^2 h^2}} e^{-\frac{ak^2\pi^2\tau}{h^2}}, \quad (8)$$

в которой μ_k - корни тригонометрических уравнений $\cot(\mu_k) = \frac{\mu_k}{\frac{H_2 h}{H_2 h}}$. Скорость охлаждения вычисляется по тривиальному выражению $vT(z, \tau) = \left| \frac{\partial T(z, \tau)}{\partial \tau} \right|$.

Численное моделирование несимметричного импульсного охлаждения с учетом времени τ_r релаксации теплового потока основывается на решении гиперболического уравнения [7 - 9]

$$\frac{\partial T(z_1, \tau)}{\partial \tau} + \tau_r \frac{\partial^2 T(z_1, \tau)}{\partial \tau^2} = a \frac{\partial^2 T(z_1, \tau)}{\partial z_1^2} \left(\tau > 0; 0 < z_1 < \frac{h}{2} \right), \quad (9)$$

для которого начальные и граничные условия третьего рода без учета в них релаксационной составляющей в тепловом потоке назначаются в виде [9]:

$$\begin{aligned} T(z_1, 0) = T_n; \frac{\partial T(z_1, 0)}{\partial \tau} = 0; \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial z_1} = 0; \\ \frac{\partial T\left(\frac{h}{2}, \tau\right)}{\partial z_1} = -H_2 \left(T\left(\frac{h}{2}, \tau\right) - T_{s_2} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

Для моделирования используем аналитическое (символьное) решение краевой

задачи (9) - (10), полученное посредством системы Maple [10] в виде

$$T(\xi, Fo) = (T_n - T_{s_2})\theta(\xi, Fo) + T_{s_2}, \quad (11)$$

где безразмерные переменные и параметры функции $\theta(\xi, Fo)$ обозначены так:

$\theta = (T - T_{s_2}) / (T_n - T_{s_2})$; $\xi = 2z_1/h$; $Fo = 4a\tau/h^2$ и $F_r = 4a\tau_r/h^2$ - числа Фурье. Формула (11) записывается следующим образом: если в соотношении

$D_k = \sqrt{d_k}$ дискриминант $d_k = 1 - \frac{16a\tau_r\mu_k^2}{h^2} > 0$, то принимается выражение

$$\theta(\xi, Fo) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(\mu_k) \beta_k (\gamma_k e^{s_k Fo} + e^{t_k Fo}) \cos(\mu_k \xi)}{D_k (\cos(\mu_k) \sin(\mu_k) + \mu_k)}; \quad (12)$$

если дискриминант $d_k = 1 - \frac{16a\tau_r\mu_k^2}{h^2} < 0$, тогда принимается иное выражение:

$$\begin{aligned} \theta(\xi, Fo) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2 \sin(\mu_k)}{\cos(\mu_k) \sin(\mu_k) + \mu_k} \left(\cos\left(\frac{D_k Fo}{2F_r}\right) \right. \\ \left. + \frac{1}{D_k} \sin\left(\frac{D_k Fo}{2F_r}\right) \right) e^{-\frac{1}{2} \frac{Fo}{F_r}} \cos(\mu_k \xi), \end{aligned} \quad (13)$$

где в них $\beta_k = D_k - 1$; $\gamma_k = (D_k - 1) / (1 - D_k)$; $s_k = (D_k - 1) / 2F_r$; $t_k = - (D_k + 1) / 2F_r$;

$Bi = \alpha_2 h / 2\lambda$ - критерий Био;

μ_k -

корни тригонометрических уравнений $\cot(\mu_k) = \frac{\mu_k}{Bi}$.

Поскольку определение коэффициентов теплоотдачи состоит в решении весьма трудной обратной (некорректной) задачи теплопроводности [7 - 9], то используется известный оценочный подход, основанный на решении прямой задачи с подбором коэффициентов теплоотдачи. Согласно алгоритму находится отклик на взаимодействие (интерактивность) между задаваемыми значениям коэффициентов теплоотдачи и установленными величинами скоростей охлаждения по данным на рис. 1а. Maple-аппроксимация экспериментальных кривых на рис. 1б даёт выражения $T_1(\tau) = -3399,27160 \tau + 806,90749$, °С и $T_2(\tau)$

$= -7048,5127 \tau^2 - 1514,5769 \tau + 803,02913$, °C. Учитывая неизбежную инструментальную погрешность, принимаем после дифференцирования и интегрального осреднения, что скорости охлаждения на расстояниях 1 мм от нижней и верхней поверхностей составляют $T_{m1} = 3399,27160^\circ\text{C}/\text{с}$ и $T_{m2} = 3163,92887^\circ\text{C}/\text{с}$. Моделируем симметричное (в формулах (3), (4) и (7) $H_1 = H_2$) импульсное охлаждение пластины толщиной 8 мм из стали 35 при неизменных величинах $T_n = 800^\circ\text{C}$, $T_{s1} = T_{s2} = 20^\circ\text{C}$ и $\lambda = 29 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, принимая последовательный ряд значений коэффициента теплоотдачи $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$ (см. рис. 3). Находим аналитические распределения температуры и скорости охлаждения слоёв по сечению пластины, считывая при этом значения скорости охлаждения слоёв материала на расстояниях 1 мм от нижней и верхней поверхности. Аппроксимируем расчетные данные и по схеме на рис. 3 устанавливаем величины коэффициентов α_1 и α_2 .

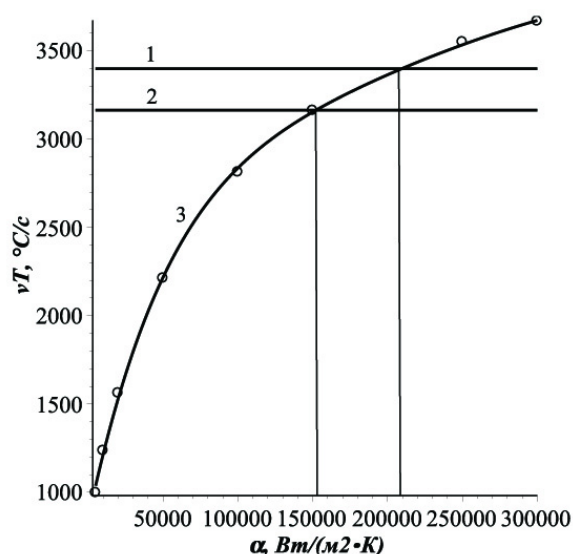


Рис. 3. Схема вычисления коэффициентов α_1 и α_2 : 1, 2 - прямые среднеинтегральных скоростей охлаждения и 3 - кривая распределения расчётной скорости охлаждения слоёв в глубине 1,0 мм от нижней и верхней поверхности пластины

Оценочные величины коэффициентов теплоотдачи округленно составляют $\alpha_1 = 210 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ и $\alpha_2 = 152 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Их значения в несколько раз больше, чем были приняты в работе [5]. В случае симметричного охлаждения назначаем средние значения $\alpha_1 = \alpha_2 = 181 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, для варианта асимметричного охлаждения - $\alpha_1 = 210 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ и $\alpha_2 = 152 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а в граничных условиях (5) и (6) принимаем $\alpha_1 = 0$ и $\alpha_2 = 210 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 4 представлены графики распределений температуры при симметричном охлаждении наружных плоских поверхностей диска потоками воды с температурами $T_{s1} = T_{s2} = 20^\circ\text{C}$ и значениях коэффициентов теплоотдачи $\alpha_1 = \alpha_2 = 181 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

На рисунке 5 показаны кривые распределений температуры и скорости охлаждения при асимметричном охлаждении диска потоками воды с температурами $T_{s1} = T_{s2} = 20^{\circ}\text{C}$ и значениях $\alpha_1 = 210 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ и $\alpha_2 = 152 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Как в случае симметричного (рис. 4б), так и асимметричного (рис. 5а и 6а) процесс охлаждения наружных поверхностей происходит с очень большими градиентами температуры (см. рис. 4а и 4в, 5б, 6б), при этом в течение короткого времени порядка $\sim 1,5 \text{ с}$ температура по сечению выравнивается и в дальнейшем остается постоянной, соответствующей температурам потокам охлаждающей воды. На практике действительно почти за это время происходит реализация технологического процесса упрочнения заготовок диска импульсной закалкой.

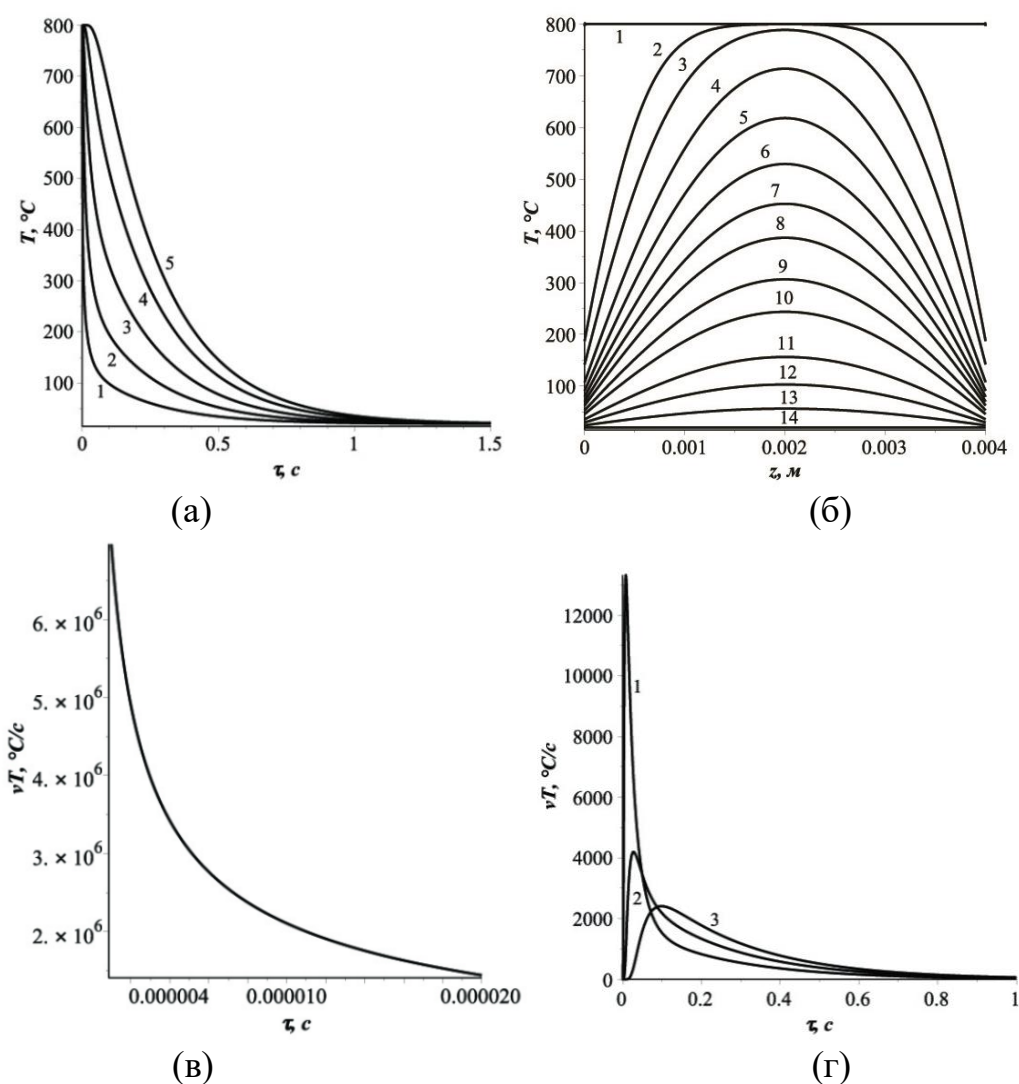


Рис. 4. Изменение температуры на расстояниях 0, 0,2, 0,5, 1,0 и 2,0 мм (кривые 1-5) от нижней и верхней поверхности (а), по толщине сечения в моменты времени 0, 0,02, 0,04, 0,08, 0,12, 0,16, 0,20, 0,24, 0,30, 0,36, 0,48, 0,60, 0,80 и 2,0 с (кривые 1-14) (б), а также скорости охлаждения нижней и верхней поверхности (в) и слоев материала на расстояниях от них 0,5 (1), 1,0 (2) и 2,0 (3) мм (г). $T_n = 800^{\circ}\text{C}$

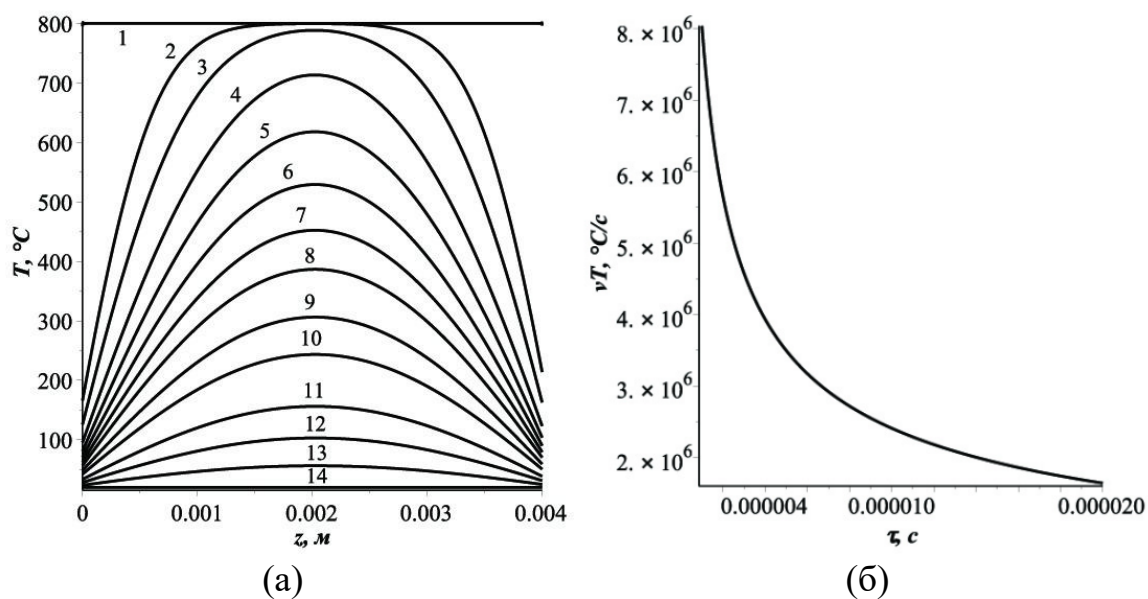


Рис. 5. Изменение температуры по толщине сечения в моменты времени 0, 0,02, 0,04, 0,08, 0,12, 0,16, 0,20, 0,24, 0,30, 0,36, 0,48, 0,60, 0,80 и 2,0 с (кривые 1-14) (а) и скорости охлаждения нижней поверхности (б). $T_n = 800^\circ\text{C}$

В весьма тонкой приповерхностной зоне в начальный момент времени через 1 мкс охлаждения скорость охлаждения составляет $6,96 \cdot 10^6 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ (рис.4в) и $8,04 \cdot 10^6 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ (рис. 5б), причем после 20 мкс она резко снижается. В начальный момент импульсного охлаждения тонкие приповерхностные слои испытывают мгновенный тепловой удар.

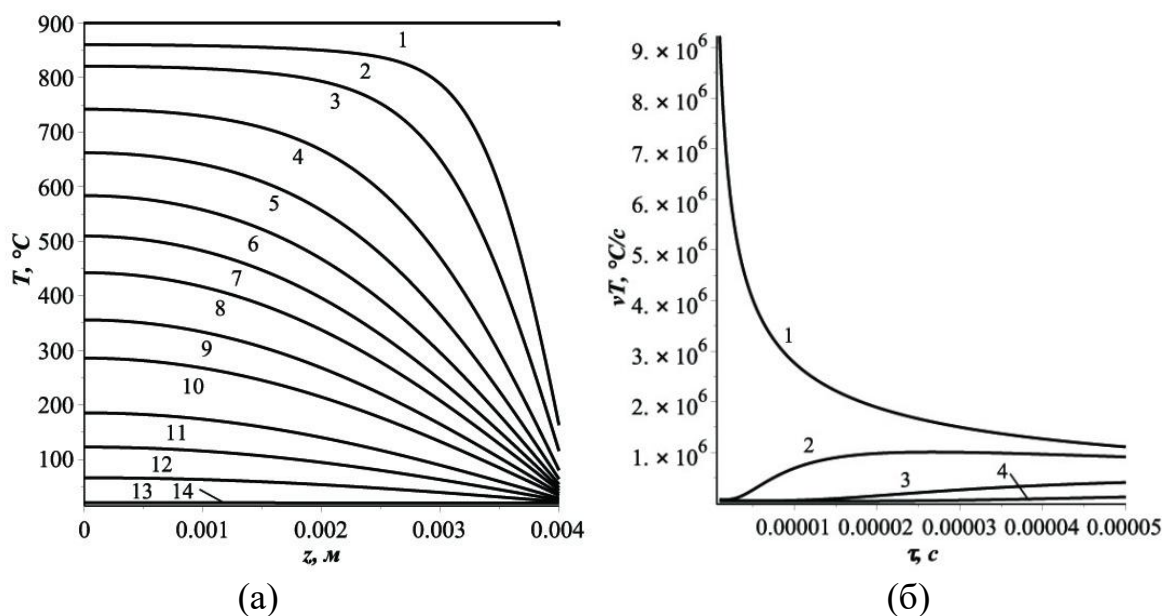


Рис. 6. Изменение температуры по толщине сечения в моменты времени 0, 0,02, 0,04, 0,08, 0,12, 0,16, 0,20, 0,24, 0,30, 0,36, 0,48, 0,60, 0,80 и 2,0 с (кривые 1-14) (а) и скорости охлаждения (б) верхней поверхности (1) и слоев материала на расстояниях от неё 20 (2), 40 (3) и 60 (4) мкм. $T_n = 900^\circ\text{C}$

Рисунок 6 демонстрирует кривые распределений температуры по толщине диска и скорости охлаждения при асимметричном охлаждении ($T_{s1} = 0$, $T_{s2} = 20^\circ\text{C}$ и $\alpha_1 = 0$ и $\alpha_2 = 210 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$), а рис.7 показывает кривые распределений температуры при учёте времени тепловой релаксации.

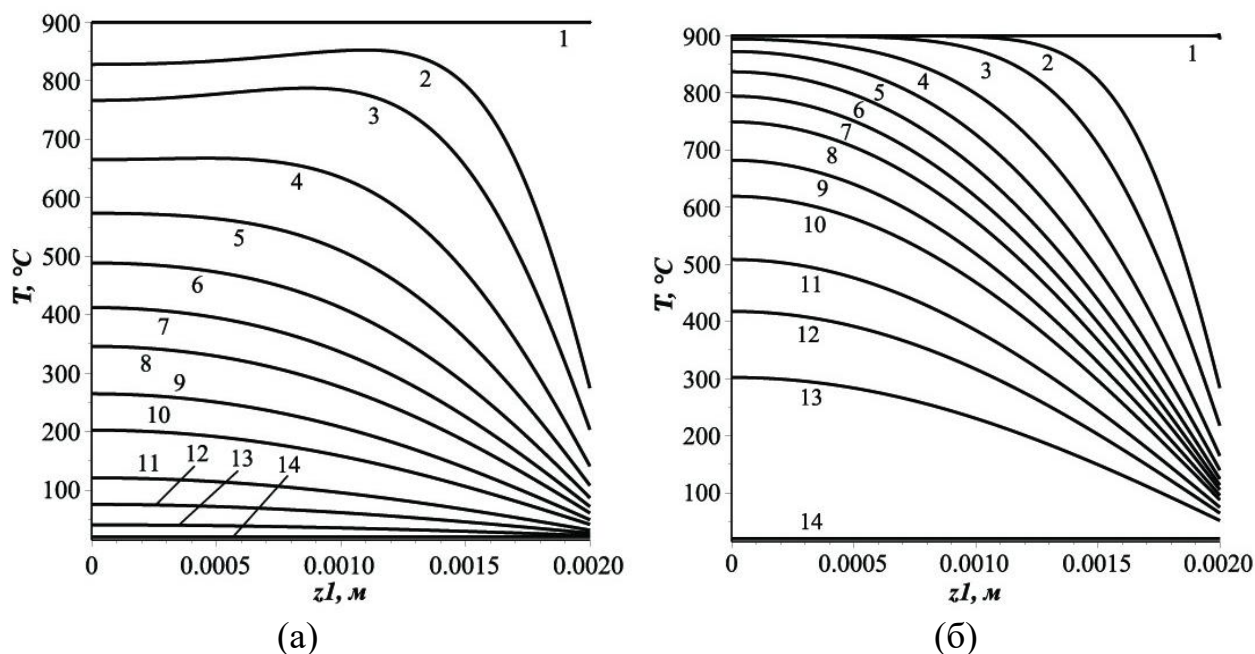


Рис.7. Изменение температуры по толщине сечения в моменты времени 0, 0,02, 0,04, 0,08, 0,12, 0,16, 0,20, 0,24, 0,30, 0,36, 0,48, 0,60, 0,80, 1,5 с (а) и 5,0 с (б) ; времена релаксации теплового потока $\tau_r = 10^{-11}$ с (а) и $\tau_r = 10^{-7}$ с (б); $T_n = 900^\circ\text{C}$

Сопоставление кривых на рис. 6а,7а и 7б показывает, что при временах тепловой релаксации в интервале от $\tau_r = 10^{-11}$ с до $\tau_r \sim 10^{-6}$ с происходит последовательная трансформация всех кривых, построенных на решениях как классического параболического уравнения (1), так и частично нелокального уравнения (9) теплопроводности, описывающего тепловую неравновесность с учетом временной релаксационной составляющей в тепловом потоке. В указанном интервале значений τ_r краевые условия (10) выполняются в точности, причем не наблюдается каких-либо отклонений от законов сохранения теплового равновесия. При $\tau_r > 10^{-6}$ с особенности влияния времени релаксации на тепловое состояние диска из материалов с большим термическим сопротивлением изложены в работах [8-10].

Числовые значения скоростей охлаждения с различными параметрами закалочного импульсного охлаждения приведены в таблице 1, где индекс b относится к нижней поверхности, а индекс t - к верхней поверхности.

Скорости охлаждения через 1 мкс начала импульсного симметричного и несимметричного закалочного охлаждения при различных значениях коэффициентов теплоотдачи

Температура, °С			Коэффициент теплоотдачи, Вт/(м ² ·К)		Скорость охлаждения, °С/с	
T _n	T _{s1}	T _{s2}	$\alpha_1 \cdot 10^{-3}$	$\alpha_2 \cdot 10^{-3}$	$v_{T_b} \cdot 10^{-6}$	$v_{T_t} \cdot 10^{-6}$
800	15	15	181	181	7,01	7,01
800	20	20	181	181	6,96	6,96
800	25	25	181	181	6,92	6,92
800	20	20	210	152	8,04	5,88
900	15	15	181	181	8,03	8,03
900	20	20	181	181	7,98	7,98
900	25	25	181	181	7,04	7,04
900	20	20	210	152	9,22	6,74

Данные в таблице свидетельствуют, что максимальная скорость закалочного охлаждения может достигать $9,22 \cdot 10^6$ °С/с. Очень высокие скорости охлаждения от $6,92 \cdot 10^6$ °С/с до $9,22 \cdot 10^6$ °С/с несомненно вносят свой определяющий вклад в формирование поверхностного слоя с высокими физико-механическими свойствами.

Следствием импульсного закалочного охлаждения с большой скоростью является формирование в поверхностных слоях заготовок диска из среднеуглеродистых и легированных сталей наноструктурированных состояний [1, 11]. При их импульсном закалочном охлаждении и последующем низком отпуске образуется фрагментированная нанокристаллическая структура мартенсита (рис. 8), обеспечивающая высокую прочность и износостойкость [11].

Электронные снимки на рис. 8 свидетельствуют о фрагментации мартенситных пластин. Их размер в поперечном сечении составляет 50...100 нм, а размер фасеток отдельных пластин мартенсита находится в пределах 20 ... 80 нм. На отдельных фрагментах проявляются очертания субмикрозерен. Края мартенситных пластин и фрагментов частично размыты, что указывает на их аморфно-кристаллическое состояние. Размер фрагментов находится в диапазоне 0,02 ... 0,08 мкм. После низкого отпуска при 180 °С их размер изменяется незначительно и составляет 0,02 ... 0,06 мкм. Твердость по Роквеллу упрочненного слоя находится в пределах 54 ... 60 HRC, причем механические характеристики, нап-

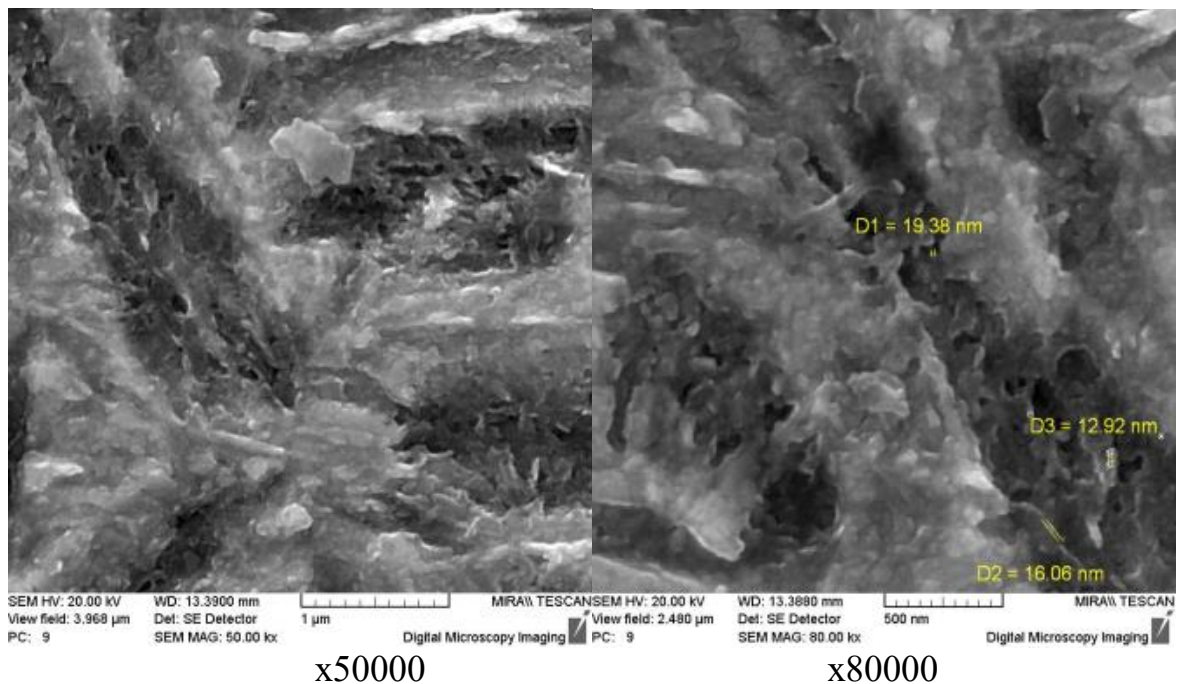


Рис. 8. Микроструктура упрочненного слоя образца из стали 60ПП после импульсного закалочного охлаждения водой и низкого отпуска [11] пример, предел прочности на изгиб, повышаются на 35 ... 45%, превосходят показатели после применения традиционных режимов закалки и отпуска

Выводы

1. При импульсном закалочном охлаждении в начальный момент времени микросекундной длительности поверхность и тонкий приповерхностный слой испытывают мгновенный тепловой удар.
2. При значениях коэффициента теплоотдачи в пределах $(152 \dots 210) \cdot 10^3$ Вт/(м²·К) скорость охлаждения через одну микросекунду является весьма высокой по значениям, которая составляет $(6,6 \dots 9,2) \cdot 10^6$ °С/с. Учет времени тепловой релаксации дает несколько меньшие значения скорости охлаждения, однако они остаются большими по величине.
3. В течение короткого промежутка времени ~1,5 секунд импульсного закалочного охлаждения происходит интенсивное охлаждение с высокими градиентами температуры.
4. Увеличение начальной температуры после предварительного нагрева от 800°С до 900°С приводит к повышению скорости охлаждения.
5. Изменение температуры жидкости (воды), омывающей при охлаждении наружные поверхности заготовок диска, в пределах от 10 до 25°С не оказывает столь существенного влияния на величину скорости охлаждения.
6. При значениях коэффициента теплоотдачи в пределах $(152 \dots 210) \cdot 10^3$ Вт/(м²·К) после ~1,5 секунд охлаждения температура выравнивается до температуры омывающей жидкости (воды) и затем остается постоянной по всему объему заготовок диска.

7. При импульсном закалочном охлаждении углеродистых и легированных сталей формируется нанокристаллическая фрагментированная структура мартенсита.

8. Для предотвращения появления нежелательной изгибной деформации (коробления) заготовок дисков при технологической реализации указанным способом их упрочнения, следует осуществлять симметричный вариант импульсного закалочного охлаждения.

9. Эффективный способ импульсного закалочного охлаждения [1, 2] обеспечивает технологическое повышение функциональных свойств подобных тонкостенных деталей машиностроительного профиля и рабочих органов почвообрабатывающих машин (диски сошника, лемехи и т. п.) из конструкционных среднеуглеродистых и легированных сталей 35, 60ПП, 30ХГСА, 33ХС и других марок для получения в них наноструктурированных состояний, вследствие чего происходит значительный рост прочности и износостойкости.

10. Результаты исследований теплофизики процесса импульсного закалочного охлаждения объясняются согласно физической модели микропузырькового режима кипения [3].

Список литературы

1. Yagov, Victor V. Heat transfer at cooling high-temperature bodies in subcooled liquids / Victor V. Yagov, Arslan R. Zabirov, Pavel K. Kanin // Inter. J. of Heat and Mass Transfer. 2018. V. 126. Part A. P. 823 - 830.

2. Аладьев, В. З. Системы компьютерной алгебры: Maple: Искусство программирования / В. З. Аладьев. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2006. 792 с.

3. Бетенья, Г. Ф. Закалочное устройство для быстрого охлаждения тонкостенных заготовок / Г. Ф. Бетенья, Д. П. Литовчик, П. А. Антонович и др. // РБ пат. 19291 С1 2015.03.26.

4. Бетенья, Г. Ф. Объемные нанокристаллические детали рабочих органов сельскохозяйственной техники / Г. Ф. Бетенья, Г. И. Анискович, А. А. Андрушевич и др. // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. 2012. № 3. С. 46 - 51.

5. Игнатьков, Д. А. Анализ теплового состояния диска сошника в процессе интенсивного закалочного охлаждения / Д. А. Игнатьков, Г. Ф. Бетенья, А. В. Кривцов // Chişinău. UASM. Lucraristiintifice. 2015. V. 46. S. 208 - 213.

6. Игнатьков, Д. А. Численное исследование теплового процесса охлаждения тонких дисков при их упрочнении импульсной закалкой / Д. А. Игнатьков // Тепловые процессы в технике. 2017. № 7. С. 319 - 327.

7. Карташов, Э. М. Аналитическая теория теплопроводности и прикладной термоупругости / Э. М. Карташов, В. А. Кудинов. М.: Книжный дом "ЛИБРИКОМ", 2012. 656 с.

8. Карташов, Э. М. Аналитические методы в теплопроводности в теории теплопроводности твердых тел / Э. М. Карташов. М.: Высшая школа, 2001. 550 с.

9. Кудинов, И. В. Аналитические решения параболических и гиперболических уравнений тепломассопереноса / И. В. Кудинов, В. А. Кудинов // М.: ИИНФА-М, 2013. 391 с.

10. Проект 17-79-20402 [Электронный ресурс]. 2018. Режим доступа: <http://rscf.ru/prjcard/?rid=17-79-20402>. Дата доступа: 01.08.2018.

11. Шило, И. Н. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И. Н. Шило, Г. Ф. Бетенья, Д. А. Маринич и др. Минск: БГАТУ, 2010. 320 с.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ПОСТРОЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДОНА В ЗДАНИЕ

Ю.Н. Калайдо

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко

Аннотация. Процесс формирования радоновой обстановки в здании носит многофакторный характер, поэтому эффективное исследование его закономерностей в рамках натурного эксперимента практически невозможно. В таких условиях математическое моделирование является единственным инструментом прогнозирования концентрации радона в проектируемых и существующих зданиях, а также оценки влияния отдельных факторов на процесс накопления радона. В данной статье с позиций системного подхода выполнено построение математической модели поступления радона в помещения нижнего этажа.

Ключевые слова: *математическая модель, перенос, ограждающие конструкции, уравнение, объемная активность радона*

SYSTEM APPROACH IN THE DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL OF RADON ENTRY INTO THE BUILDING

Yu.N. Kalaydo

Luhansk Taras Shevchenko national university

Abstract. The process of radon situation formation in a building has the multifactorial character, so its patterns effective study at the “in-situ” experiment is almost impossible. Therefore, mathematical modeling remains the only tool for radon concentration predicting in new and existing buildings, as well as assessing the influence of individual factors on the radon accumulation process. In this article the mathematical model construction of radon entry into ground floor apartments has been carried out from the standpoint of a systematic approach.

Keywords: *mathematical model, transport, walling, equation, solution, radon concentration*

Человек на протяжении всей жизни подвергается действию ионизирующих излучений различной природы, при этом негативные эффекты от радиационного облучения не установлены только для естественного радиационного фона (ЕРФ), в условиях которого протекал весь процесс эволюции. Однако действие ЕРФ проявляется только на открытых пространствах, тогда как современный человек более 80% времени проводит в зданиях, поэтому его годовую дозу облучения формирует радиационный фон помещений. В структуре фона помещений две составляющих: гамма-излучение

естественных радионуклидов в материалах ограждающих конструкций и альфа-излучение радона и его продуктов распада в воздухе помещений. Первая составляющая формирует дозу внешнего облучения, а вторая – внутреннего.

Основным дозообразующим фактором для районов с умеренным климатом является облучение радоном и его дочерними продуктами распада (ДПР). На его долю приходится не менее 60% годовой индивидуальной дозы, получаемой человеком от всех источников ионизирующего излучения [1; 2], а на потенциально радоноопасных территориях (таких как Алтай и Кавказские Минеральные Воды) данный показатель превышает 90%. Облучение радоном и его ДПР считается вторым после курения по тяжести фактором, приводящим к раку легкого, а сам радон отнесен к канцерогенам первой, наиболее опасной для человека, группы.

Требования ограничения доз облучения радоном в зданиях закреплены законодательно [3; 4], нормами радиационной безопасности установлены контрольные уровни эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, превышение которых недопустимо в жилых и служебных помещениях. В РФ предельные допустимые значения ЭРОА составляют 200 Бк/м³ для эксплуатируемых зданий и 100 Бк/м³ – для строящихся и реконструируемых; в Луганской Народной Республике – 100 и 50 Бк/м³ соответственно.

Исполнение требований санитарного законодательства требует знания мощности источников и путей поступления радона в воздух помещений с целью эффективного противодействия его переносу посредством строительных технологий. В большинстве случаев до 90% радона в воздух помещений нижнего этажа поступило из грунтового основания здания, еще около 7 - 8% выделилось из материалов ограждающих конструкций, а все остальное – инфильтрационное поступление с атмосферным воздухом [5; 6]. Таким образом, избыточное поступление радона возможно только через горизонтальные подземные ограждающие конструкции.

Процесс накопления радона в помещениях нижнего этажа носит многофакторный характер, причем разнонаправленность и недостаточная изученность действия отдельных факторов приводят к неэффективности натурного исследования радоновой обстановки в здании. Подтверждение тому – большое количество противоречащих друг другу результатов натуральных исследований механизмов поступления радона в здания, публикуемых в отечественной и зарубежной научной литературе.

В подобных условиях математическое моделирование остается, по сути, единственным средством адекватного описания данного многофакторного процесса. Оно позволяет фиксировать и изменять значения каждого из факторов, влияющих на накопление радона в здании, и требует значительно меньше времени на проведение исследований. Результаты моделирования особенно важны при прогнозировании радоновой ситуации в строящемся здании, когда натурные исследования невозможны, но необходимо оценить достаточность радонозащитных свойств подземных ограждающих конструкций [7]. При этом корректность самой модели может быть проверена измерением

уровней радона в зданиях с известными конструктивными и эксплуатационными характеристиками.

Любая математическая модель должна отвечать требованиям адекватности реальному процессу и понятности положенных в ее основу закономерностей и связей между параметрами процесса. В работах последних лет исследователей Института промышленной экологии УрО РАН и Института Строительной физики РААСН убедительно показано, что процесс формирования радоновой обстановки в здании следует рассматривать исключительно в рамках единой системы сред «грунт-атмосфера-здание» [8; 9]. Поэтому при построении математической модели радонового баланса здания нами была применена методология системного подхода, ниже представлен ход рассуждений и допущения, использовавшиеся при построении данной модели.

В первую очередь, необходимо дать определения главных терминов «радоновая обстановка» или «радоновая ситуация» здания. *Радоновая обстановка* – совокупность всех факторов и процессов, определяющих степень радоноопасности здания. Критерием радоноопасности является средняя за год эквивалентная равновесная объемная активность радона в воздухе помещений нижнего этажа. Если среднегодовая ЭРОА меньше установленного контрольного уровня для данного типа зданий, то здание считается радонобезопасным, в противном случае – радоноопасным.

Построение модели начинается из выделения рассматриваемой системы и декомпозиции ее на отдельные подсистемы. В рассматриваемую нами систему входят (рис. 1): массив грунта в основании здания, подземные ограждающие конструкции здания и атмосфера (внутренняя и наружная). Первые две подсистемы допускают дальнейшую декомпозицию на более мелкие структурные элементы. Принципиальной особенностью данной системы является тот факт, что она не является простой механической суммой отдельных элементов, а представляет особое соединение, которое придает всей системе новые свойства, отсутствующие у ее подсистем.

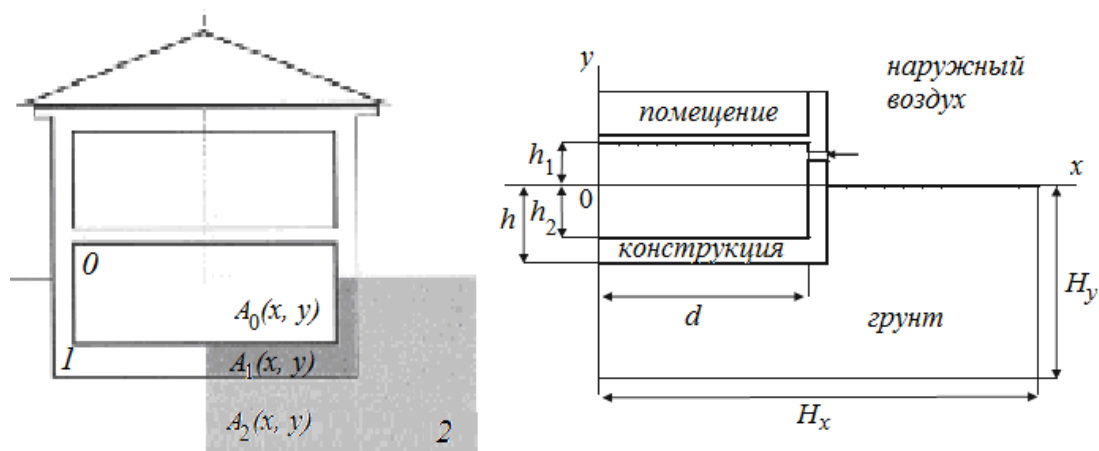


Рис. 1. Схема к построению математической модели формирования радоновой обстановки в здании

Конечной целью процедуры моделирования является прогнозирование эквивалентной равновесной объемной активности радона при известных свойствах грунтового основания и заданной конструкции пола. Декомпозиция процесса накопления радона в помещении может быть представлена следующими процессами:

- внешней радоновой нагрузкой на подземные ограждающие конструкции, вызванной разностью активностей радона в почвенном воздухе и воздухе помещения;
- образованием радона в самих ограждающих конструкциях из-за присутствия в них естественных радионуклидов рядов урана и тория;
- поступлением радона с наружным воздухом и его удалением посредством вентиляции.

Учет всех факторов, влияющих на радоновую обстановку в здании, достаточно сложен и нецелесообразен, поэтому с целью сохранения «прозрачности» модели следует ввести ряд допущений и упрощающих предположений.

Наиболее важным вопросом при построении модели является механизм переноса радона в грунте и материалах ограждающих конструкций. Такой перенос может осуществляться посредством диффузии и конвекции, движущей силой диффузии является разность концентраций радона в грунтовом воздухе и воздухе помещений, а конвективного – разность давлений на внешних границах горизонтальной подземной ограждающей конструкции. В общем случае уравнение совместного переноса имеет вид

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \nabla D \nabla A + \nu \nabla A - \lambda A + G, \quad (1)$$

где первое слагаемое описывает диффузионный перенос, второе – конвективный, третье – радиоактивный распад и последнее – образование радона в соответствующей среде.

Конвективный перенос обеспечивает существенно большее поступление почвенного газа, но для его реализации необходимы негерметичности в подземной части оболочки здания. Поэтому для зданий, строящихся по современным технологиям, целесообразно принять гипотезу о *диффузионном характере* поступления радона.

Объемная активность радона A_2 в грунтовом воздухе составляет десятки-сотни тысяч Бк/м³, а в воздухе помещения – десятки-сотни Бк/м³. Ввиду столь огромной разницы перенос радона из грунтового основания в здание крайне незначительно изменяет разность активностей на границах горизонтальной подземной ограждающей конструкции, поэтому может быть принято предположение о стационарном характере его переноса, то есть

$$\frac{\partial A}{\partial t} = 0. \quad (2)$$

Решение (1) в одномерной постановке не учитывает различия в поле концентраций радона в присутствии здания и без него, что не позволяет получить достоверных результатов для реальных строительных объектов. В то

же время, трехмерная постановка задачи неоправданно усложняет задачу, поскольку ширина зданий практически всегда значительно меньше его длины и не вносит существенных изменений в поле концентраций по третьей координате. Поэтому, на наш взгляд, запись (1) в двухмерной форме обеспечит достаточную точность расчетов при относительной простоте уравнений.

Как уже отмечалось выше, источниками радона являются грунт под зданием и материалы ограждающих конструкций, мощность этих источников G_i можно определить по формуле

$$G_i = C_i \rho_i k_i \lambda, \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

где C_i – содержание радия в данном веществе, Бк/кг; ρ_i – плотность вещества, кг/м³; k_i – коэффициент эманирования радона данным веществом; λ – постоянная распада радона, с⁻¹.

В результате принятых допущений для расчетной схемы, представленной на рис. 1, выражение (1) принимает вид системы трех линейных уравнений

$$D_0 \left(\frac{\partial^2 A_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_0}{\partial y^2} \right) - (\lambda + \lambda_g) \cdot A_0 + \frac{q_{cm} F}{V} + A_{атм} \lambda_g = 0, \quad \text{при } 0 \leq x \leq d, -h_2 \leq y \leq h_2; \quad (4)$$

$$D_1 \left(\frac{\partial^2 A_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_1}{\partial y^2} \right) - \lambda \cdot A_1 + G_1 = 0, \quad \text{при } 0 \leq x \leq d, -h \leq y \leq -h_2; \quad (5)$$

$$D_2 \left(\frac{\partial^2 A_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_2}{\partial y^2} \right) - \lambda \cdot A_2 + G_2 = 0, \quad \text{при } d \leq x \leq H_x, -h \leq y \leq 0; \quad (6)$$

$$0 \leq x \leq H_x, -H_y \leq y \leq h;$$

где q_{cm} – плотность потока выделения радона из материалов ограждающих конструкций, Бк/(м²·с); F – общая площадь внутренних поверхностей ограждающих конструкций, м²; V – объем помещения, м³; $A_{атм}$ – активность радона в атмосферном воздухе, Бк/м³; λ_g – кратность воздухообмена в помещении, с⁻¹.

Размеры H_x и H_y характеризуют рассматриваемый в модели массив грунта. Величина H_y представляет собой максимальную глубину, с которой радон еще способен достичь подземных ограждающих конструкций здания. Данная глубина носит название мощности «активного слоя» и при диффузионном переносе составляет от 3 до 10 м в зависимости от пористости грунта. Величина H_x – максимальное расстояние от оси здания, на котором присутствие здания еще оказывает влияние на распределение активности радона в грунте. С определенным запасом H_x целесообразно принять равным ширине здания.

Взаимодействия различных подсистем описываются граничными условиями, в данной модели таковыми являются:

- постоянство объемной активности радона в воздухе на вертикальных и горизонтальных границах помещения

$$\frac{\partial A_0}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = 0, -h_2 \leq y \leq h_1; \quad x = d, -h_2 \leq y \leq h_1; \quad (7)$$

$$\frac{\partial A_0}{\partial y} = 0, \quad \text{при } 0 \leq x \leq d, y = h_1; \quad (8)$$

- отсутствие поступления радона через вертикальные подземные ограждающие конструкции

$$\frac{\partial A_2}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = d, -h \leq y \leq 0; \quad (9)$$

- равенство потоков на границе раздела «ограждающая конструкция – воздух помещения»

$$D_1 \frac{\partial A_1}{\partial y} = D_0 \frac{\partial A_0}{\partial y}, \quad \text{при } 0 \leq x \leq d, y = -h_2; \quad (10)$$

и на границе раздела «ограждающая конструкция – грунт под зданием»

$$D_1 \frac{\partial A_1}{\partial y} = D_2 \frac{\partial A_2}{\partial y}, \quad A_1 = A_2 \quad \text{при } 0 \leq x \leq d, y = -h; \quad (11)$$

- отсутствие потока радона на нижней границе области 2

$$\frac{\partial A_2}{\partial y} = 0, \quad \text{при } 0 \leq x \leq H_x, y = -H_y; \quad (12)$$

- отсутствие потока радона на правой границе грунтового массива

$$\frac{\partial A_2}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = H_x, -H_y \leq y \leq 0; \quad (13)$$

- газообмен между грунтовым массивом и атмосферой

$$D_2 \frac{\partial A_2}{\partial y} = \alpha(A_2 - A_{ам.м}), \quad \text{при } d \leq x \leq H_x, y = 0. \quad (14)$$

где α – коэффициент газообмена на поверхности грунта.

Решение системы уравнений (4) - (6) с граничными условиями (7) - (14) позволяет получить значение активности радона A_0 в воздухе помещения и распределение активностей радона в горизонтальных сечениях ограждающих конструкций и грунтового массива, оно может быть получено аналитически или с использованием численных методов.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В условиях многофакторного процесса математическое моделирование часто является единственным способом выяснения направления действия и степени влияния отдельных факторов на основной выходной параметр.

2. В сложных природно-техногенных системах построение математических моделей целесообразно с позиций системного подхода.

3. Применение системного подхода, показанное на примере построения математической модели переноса радона в системе сред «грунт-атмосфера-здание», позволяет оценивать уровни радона в здании еще на стадии его проектирования.

Список литературы

1. Стамат, И.П. Требования по ограничению облучения населения природными источниками излучения в производственных условиях / И.П. Стамат, И.К. Романович // Радиационная гигиена, 2010. Т. 3. № 3. С. 10-13.
2. Valmari, T., Arvela, H., Reisbacka, H. Radon in Finnish apartment buildings. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 152(2-3). Pp.146-149.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы СП 2.6.1.758-99. – М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. 116 с.
4. Федеральный закон Российской Федерации «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 30.12.1999 г.
5. Световидов, А.В. Опыт проведения радонозащитных мероприятий в эксплуатируемых зданиях / А.В. Световидов, В.А. Венков, Г.А. Горский // Радиационная гигиена, 2009. Т. 2, № 4. С. 35-39.
6. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2012 году: информационный сборник. СПб., 2013. 67 с.
7. Гулабянц, Л.А. Метод расчета требуемого сопротивления радонопроницанию подземных ограждающих конструкций зданий. АНРИ, 2011. № 4 (67). С. 26-32.
8. Ярмошенко, И.В. Моделирование поступления радона в жилища / И.В. Ярмошенко, М.В. Жуковский, А.А. Екидин // АНРИ, 1999. № 4. С. 17-28.
9. Гулабянц, Л.А. Математическая модель формирования радоновой обстановки в здании / Л.А. Гулабянц, А.В. Калайдо, М.И. Лившиц // АНРИ, 2017. № 2 (53). С. 41-49.

DATA MINING В СРЕДЕ R НА ПРИМЕРЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРОДА И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Д.Ю. Карандеев, И.Ю. Карандеева

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова

Аннотация. В статье рассматривается представление данных в требуемом для осуществления корреляционного анализа электропотребления города и различных внешних факторов в статистической среде R виде. Выявляется продуктивность применения среды R для проведения работ из области Data Mining.

Ключевые слова: *статистическая среда R, корреляционный анализ, прогнозирование электропотребления, обработка данных, Data Science, Data Mining*

DATA MINING IN THE R ON THE EXAMPLE OF CORRELATION ANALYSIS OF THE CONNECTION OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF THE CITY AND EXTERNAL FACTORS

D.J. Karandeev, I.J. Karandeeva

Katanov Khakass State University

Abstract. The article discusses the data presentation in the form required for the correlation analysis of power consumption of the city and various external factors in the statistical environment R. The efficiency of use of R environment for the work from the field of Data Mining is revealed.

Keywords: *statistical environment R, correlation analysis, power consumption forecasting, data processing, Data Science, Data Mining.*

Статистическая обработка данных является одной из важных составляющих в работе многих специалистов. В частности, можно отметить такие области её применимости как проектирование оптимальных структур технических систем и краткосрочное прогнозирование электропотребления [1], для данной сферы важным и актуальным является разработка методов прогнозирования, которые бы могли учесть как можно больше влияющих на электропотребление факторов. Однако для выявления данных факторов необходимо произвести так называемую интеллектуальную обработку данных (Data Mining) и путем статистического анализа и применения численных методов выявить данные взаимосвязи.

Data Science. Интеллектуальной обработкой данных занимаются такие специалисты как Data Mining Specialist, которые в свою очередь являются в какой-то мере специалистами из области Data Science [2]. Data Science – это область исследования, изучающая проблемы анализа, обработки и представления данных в цифровой форме. Data Scientist (ученый по данным) – это специалист по обработке, анализу и хранению больших массивов данных, более известных как Big Data. По прогнозам данная профессия к 2020 году будут на втором месте по популярности в США, в нашей же стране данная сфера еще мало развита, но темпы ее развития неизменно растут с каждым годом. Также можно отметить таких специалистов как Data Analyst, в целом же Data Scientist сочетает в себе знания Data Mining Specialist и Data Analyst. Современные тенденции востребованности данных специалистов за рубежом говорят в пользу перспективности изучения языков статистической обработки данных, например, такого как R.

Статистический язык программирования R. Статистическая среда R является свободно распространяемым продуктом, обладающим огромным количеством достоинств [3]. Основные достоинства данной среды: открытость, многофункциональность, возможность работы с огромными массивами данных, наличие удобного графического интерфейса RStudio, огромное количество подключаемых пакетов, что вызвано постоянно увеличивающейся популярностью данного языка, на данный момент данные пакеты пишутся и публикуются учеными ведущих университетов мира, таких как Гарвард, Оксфорд, Кембридж. При этом он обладает достаточно простым синтаксисом. Данная среда была разработана как бесплатная альтернатива коммерческого языка S-PLUS, разработанного в 1988 году. На сегодняшний день данный язык вырос в высокофункциональный инструмент для разработок огромного количества ученых. R применяют при исследовании и обработке данных в статистике, медицине, финансовом анализе, экологии, актуарной математике и многих других сферах [4].

Обработка данных в среде R. Для примера обработки данных в среде R, решим такую задачу: необходимо произвести корреляционный анализ взаимосвязи электропотребления города Абакана и внешних влияющих на данное электропотребление факторов, например температуры воздуха. Для решение этой задачи используем сформированные таблицы данных за 2009-2014 года. Данный диапазон выбран в силу того, что в наличие имеются данные по электропотреблению города Абакана лишь за этот промежуток времени. При этом все данные представлены по московскому времени.

В таблице 1 приведена информация о температуре воздуха каждого часа дня за период в 5 лет, данные были взяты с сайта gr5.ru. В первом столбце номер дня и часа, во втором дата и время (в английском стиле в силу специфики работы с датами в среде R) и в третьем температура воздуха определенного часа суток.

Таблица 1

Температура воздуха

№	Дата, время	Температура воздуха, °C
1	09-01-01 00:00:00	-9
2	09-01-01 01:00:00	-10
3	09-01-01 02:00:00	-11
...
45239	14-02-28 22:00:00	-10
45240	14-02-28 23:00:00	-11

В таблице 2 приведена информация об электропотреблении каждого часа суток за период 2009-2014 года. Данные по электропотреблению города Абакана были предоставлены ООО «Абаканэнергосбыт».

Таблица 2

Электропотребление города Абакана за 5 лет

№	Дата, время	Электропотребление, кВт*ч
1	09-01-01 00:00:00	71338
2	09-01-01 01:00:00	70235
3	09-01-01 02:00:00	70205
...
45239	14-02-28 22:00:00	61116
45240	14-02-28 23:00:00	60015

Далее представим скрипт кода загрузки исходных данных в среду R:

```
# Загрузка данных
temperature <- read.table("temperature.txt", sep = ";", head = TRUE)
energydemand <- read.table("energydemand.txt", sep = ";", head = TRUE)
# Работа с датой-временем
library(chron)
# Для temperature
temp1 <- as.character(temperature$Date_Time)
```

```

temperature$Date_Time <- chron(dates = substring(temp1, 2, 9), times =
substring(temp1, 11, 18), format = c(dates = "y-m-d", times = "h:m:s"))
rm(temp1)

```

Для energydemand

```
endem1 <- as.character(energydemand$Date_Time)
```

```

energydemand$Date_Time <- chron(dates = substring(endem1, 2, 9), times =
substring(endem1, 11, 18), format = c(dates = "y-m-d", times = "h:m:s"))

```

Для анализа влияния таких метеофакторов как относительная влажность и скорость ветра на электропотребление города Абакана был применен коэффициент корреляции. При этом температура, учитывающая относительную влажность и скорость ветра именуется эффективной температурой воздуха и рассчитывается по формуле Стидмана [5]:

$$T_{\text{эфф}} = -2.7 + 1.04 \cdot T + 2.0 \cdot P - 0.65 \cdot v$$

где T - температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$); P - парциальное давление водяного пара (кПа); v - скорость ветра на 10 м над уровнем земли.

Эффективная температура объединяет в себе 2 индекса: температуру воздуха с учетом влияний ветра (Wind Chill) и влажности (Heat index).

Так как в данных абаканской метеостанции отсутствуют значения парциального давления, то нужно его рассчитать численным методом. При этом важно помнить, что относительная влажность воздуха J это отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе, к парциальному давлению насыщенного водяного пара:

$$J = \frac{P_{\text{пар}}}{P_{\text{нас.пар}}} \cdot 100\%$$

$$P_{\text{пар.нас}} \text{ можно найти согласно формуле: } P_{\text{пар.нас}} = 2.125 + \frac{156 + 8.12 \cdot t}{236 + t},$$

Парциальное давление при известной относительной влажности J и температуре t находится по выражению:

$$P_{\text{пар}} = \frac{J}{P_{\text{нас.пар}}} \cdot 100\% = \frac{J}{2.125 + \frac{156 + 8.12 \cdot t}{236 + t}} \cdot 100\%,$$

В итоге формула эффективной температуры по Стидману будет иметь следующий вид:

$$T_{\text{эфф}} = -2.7 + 1.04 \cdot T + 2 \cdot \left(\frac{J}{2.125 + \frac{156 + 8.12 \cdot t}{236 + t}} \cdot 100\% \right) - 0.65 \cdot v .$$

В таблице 3 представлены примеры результатов пересчета обычной температуры воздуха по формуле Стидмана.

В работах [5, 6] было выявлено, что коэффициент корреляции между электропотреблением города Абакана и обычной температурой воздуха за 5 лет составил 0.73, а для эффективной температуры воздуха, рассчитанной по формуле Стидмана, данный коэффициент составил 0.76.

Обычная и эффективная температуры воздуха

Время	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	Парциальное давление, Па	Эффективная температура по Стивдману, °С
01.01.2012 0:00	-12.43	84	1	2.03	-13.45
01.01.2012 1:00	-12.13	84	3	2.13	-12.80
...
31.12.2013 23:00	-3.40	49	4	1.42	-4.01
01.01.2014 0:00	0.02	45	8	1.25	-5.98

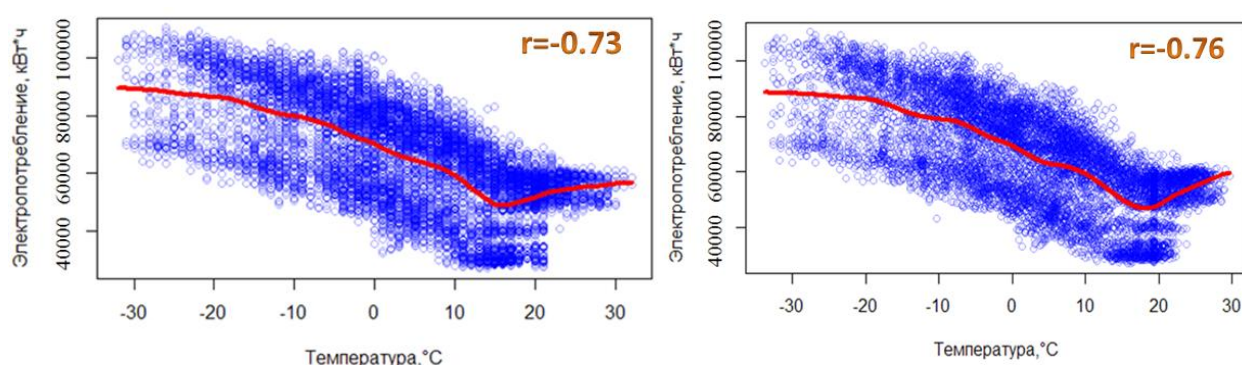


Рис. 1. Диаграмма рассеяния между электропотреблением и обычной и эффективной температурами воздуха

Для наглядности на рисунке 1 представлены диаграммы рассеяния между электропотреблением и обычной и эффективной температурами воздуха, позволяющие судить о форме и степени зависимости электропотребления от простой температуры воздуха и от эффективной температуры, учитывающей влажность и скорость ветра.

Как видно эффективная температура, рассчитанная по формуле Стивдмана, оказывает большее влияние на электропотребление, чем температура, не учитывающая скорость ветра и относительную влажность, хоть это влияние не столь значительно, но оно указывает на важность учета скорости ветра и влажности при прогнозировании электропотребления города в будущем.

Проведенный анализ можно назвать простейшим примером обработки данных посредством среды R. В реальности же в Data Mining применяются более сложные методы и алгоритмы машинного обучения, такие как статистические алгоритмы, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы и многие другие.

Заключение. В результате можно констатировать, что одним из качественных инструментов для проведения корреляционного анализа можно выделить статистическую среду R, обладающую всеми необходимыми возможностями для анализа данных, необходимых Data Mining Specialist.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям по программе "УМНИК" в рамках договора № 13138ГУ/2018 от 23.05.2018.

Список литературы

1. Vasant Dhar. Data Science and Prediction. *Communications of the ACM*. 2013. Vol. 56, no. 12. P. 64-73. DOI:10.1145/2500499
2. Зарядов, И.С. Введение в статистический пакет R: учебно-методическое пособие // Москва: Издательство Российского университета дружбы народов, 2010. – 207 с.
3. Карандеев, Д.Ю. Влияние температуры окружающей среды на электропотребление большого города // Научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации»: 05.00.00 Технические науки: электрон. научн. журн. 2015. № 2 (46).
4. Карандеев, Д.Ю. Эффективная температура как фактор, влияющий на электропотребление города // Научно-практический журнал «Современная техника и технологии»: электр. научн. журн. 2015 №2 (42).
5. Костин, В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003 – 120 с.
6. Шипунов, А.Б. Наглядная статистика. Используем R! / А.Б. Шипунов, Е.М. Балдин, П.А. Волкова и др. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 298 с.

О РЕШЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Н.В. Котенева, А.А. Максименко

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. В работе рассматривается инженерная методика расчета характеристик деформируемого состояния в условиях упругопластического взаимодействия твердых тел при статическом нагружении по значениям параметров, известных на стадии проектирования (физико-механических, макро и микрогеометрических, динамических и силовых характеристик внешнего воздействия).

Ключевые слова: *контактное взаимодействие, сближение, упругопластический контакт, статическое нагружение.*

ON SOLUTIONS OF SOME TASKS OF CONTACT INTERACTION OF SOLID BODIES

N.V. Koteneva, A.A. Maksimenko

Altai State Technical University them. I.I. Polzunova

Abstract. The paper deals with the engineering method for calculating the characteristics of a deformable state under the conditions of an elastic-plastic interaction of solids under static loading according to the values of parameters known at the design stage (physicomechanical, macro and microgeometric, dynamic and power characteristics of external influence).

Keywords: *contact interaction, approach, elastoplastic contact, static loading.*

Механика контактных взаимодействий деталей машин постоянно находится в центре внимания исследователей. Это объясняется тем, что все механизмы и конструкции состоят из взаимодействующих деталей, а распределение контактных усилий между этими деталями заранее неизвестно и может быть найдено лишь в результате решения специфических задач, которые называются контактными задачами.

Основными контактными характеристиками, обеспечивающими эксплуатационные свойства соединений деталей машин, являются сближение поверхностей, фактическая площадь контакта и напряжения, которые находятся в определенной взаимозависимости и определяются параметрами микрогеометрии и величиной сжимающих нагрузок. В настоящее время рассмотрено достаточно большое число статических и динамических контактных задач. Однако контактирование, как правило, носит упругий характер [1, 2, 6, 9, 10]. На практике же, в большинстве случаев, имеет место упругопластический и пластический контакт. Поэтому упругопластическое контактное взаимодействие твердых тел и связанное с этим явлением описание напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя деталей, участвующих в контакте представляется нам крайне важным при создании новых машин и конструкций.

Постановочный уровень контактных задач за пределом упругости предъявляет высокие требования к расчетной модели контактирующих элементов. Необходимо единообразие в подходе при рассмотрении упругого и неупругого контактирования, а также доступность и простота использования метода решения контактных задач в инженерной практике и достаточно хорошая сопоставимость с практическими данными. Метод расчета контактных сближений упругопластических гладких тел должен органично сочетаться с подходом применения классических контактных задач теории упругости и пластичности в расчетах на прочность и жесткость в машиностроении. А применительно к исследованию шероховатых поверхностей, необходимо органичное сочетание с разработанными теориями контактирования шероховатых поверхностей. Поэтому разработка вычислительной модели неупругого деформирования материалов является одной из фундаментальных проблем современного машиностроения [3-5, 12].

Цель данной работы заключается в том, чтобы на базе анализа условий и особенностей упругопластического контактного взаимодействия твердых тел сформировать модель расчета статического сближения необходимого для описания и прогнозирования работы условно-неподвижных соединений деталей машин на стадиях проектных разработок.

Учитывая дискретность контакта, решение контактной задачи для единичного выступа позволяет установить зависимость между нагрузкой и сближением с последующим применением полученного решения ко всему контакту с использованием условия равновесия. При оценке взаимодействия контактирующих поверхностей твердых тел и деталей машин микронеровности реальной поверхности моделируют в виде одинакового размера тел правильной геометрической формы, расположенных на некотором основании и

распределенных по определенной зависимости по высоте. В настоящее время наиболее часто используют сферическую модель шероховатой поверхности [8, 11]. В соответствии с вышесказанным рассмотрим задачу о взаимодействии сферического штампа с упругопластическим полупространством (рисунок 1). Сила P_{const} направлена перпендикулярно к плоскости контакта, за пределами контакта напряжения отсутствуют. Материал штампа значительно прочнее материала полупространства и рассматривается как жесткое тело.

При сопряжении жесткого сферического штампа с упругопластическим полупространством в последнем вначале возникают упругие, а затем упругопластические сближения. Пятно контакта диаметром d содержит центральное упругое ядро диаметром d_y (рисунок 1). С ростом нагрузки $d_y \rightarrow d$. Область упругопластического контактирования состоит из двух зон: зоны упругого и зоны пластического контакта.

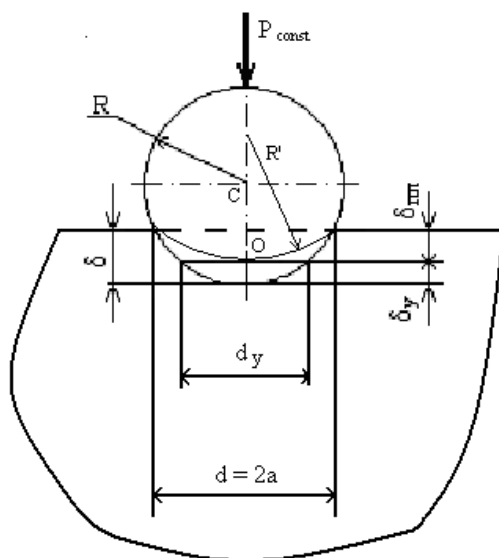


Рис. 1. Схема сопряжения твердого сферического штампа с упругопластической средой

Выражение для полного сближения в сопряжении жесткого сферического штампа с однородной упрочняемой упругопластической средой имеет вид [7]:

$$\delta = \delta_y + \delta_{nl} = \alpha P_{const} + \beta (\gamma P_{const})^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где δ_y , δ_{nl} – упругая и пластическая составляющие полного сближения

δ ; $\alpha = 1/2\pi RH$; $\beta = K^{\frac{3}{2}}$; $\gamma = \pi RH$; H – твердость поверхностного слоя; R – радиус сферического штампа; $K = \sqrt[3]{\frac{J^2}{R}}$ – коэффициент пропорциональности между сближением и силой; $J = (1 - \mu_1^2)/E_1 + (1 - \mu_2^2)/E_2$ – упругая постоянная материалов сопряженных поверхностей; E_1, E_2, μ_1, μ_2 – модули упругости 1-го

рода и коэффициенты Пуассона соответственно; P_{const} – нормальная статическая нагрузка на контакт.

Уравнение (1) представляет собой решение для общего случая статического контакта гладкого жесткого сферического штампа с упругопластическим полупространством. В частном случае упругого контакта $\delta_{nl} = 0$, формула (1) переходит в формулу Герца (2). По мере увеличения нагрузки вклад упруго сближения уменьшается и в условиях насыщенного пластического контакта полное сближение описывается соотношением (3).

$$\delta_y = KP_{const}^{\frac{2}{3}}. \quad (2)$$

$$\delta_{nl} = \frac{P_{const}}{2\pi RH}. \quad (3)$$

Применительно к шероховатым поверхностям принята статическая модель, в которой одна из сопрягаемых номинально плоских поверхностей является гладкой, а на второй имеются сферические выступы, вершины которых в общем случае расположены на одном уровне и имеют одинаковую кривизну (рисунок 2). Такой регулярный микрорельеф можно получить, например, при вибрационном обкатывании поверхности детали.

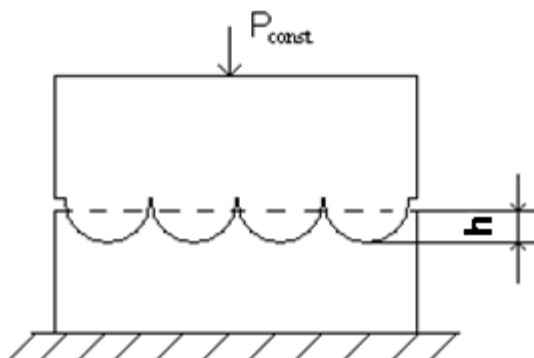


Рис. 2. Схема сопряжения твердого шероховатого штампа с упругопластической средой

Полное сближение h в контакте определяется формулой [7]:

$$h = \frac{R_{max} P_{const}^{\frac{1}{\nu}}}{(A_r b H)^{\frac{1}{\nu}} k_y^{\frac{1}{\nu-1}}}, \quad (4)$$

где A_r - фактическая площадь контакта; R_{max} - наибольшая высота неровностей профиля; b, ν - параметры кривой опорной поверхности; k_y - коэффициент, учитывающий соотношение силы поджатия реальной шероховатой поверхности и модели, является постоянной интегрирования, зависящий от параметра ν .

Уравнение (4) полностью исчерпывает статическую задачу расчета сближения в упругопластическом контакте шероховатого штампа с плоской поверхностью контртела.

Описанная в работе инженерная методика расчета характеристик деформируемого состояния в условиях упругопластического взаимодействия позволяет рассчитать статическое сближение в контакте твердых тел по значениям параметров, известных на стадии проектирования (физико-механических, макро и микрогеометрических, динамических и силовых характеристик внешнего воздействия). Универсальность данной методики заключается в том, что она позволяет описывать все стадии контактирования от упругой до пластической. Научной новизной предложенной методики является то, она дает новую область применения классических решений для контактных задач теории упругости и теории пластичности.

Список литературы

1. Александров В. М. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости / В. М. Александров, М. И. Чебанов, М.: Физматлит, 2004. 304 с.
2. Гусакова Л.В. К вопросу о контактном взаимодействии поверхностей твердых тел / Л.В.Гусакова // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. №1 (78). С. 136.
3. Си Ту Хтет Математическое моделирование контактного взаимодействия упругопластических тел: дисс. канд. техн. наук : 05.13.18 / Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Си Ту Хтет, Москва, 2013. 137 с.
4. Беклемышева К. А. Численное моделирование процессов в твердых деформируемых средах при наличии динамических контактов с помощью сеточно-характеристического метода. / К.А. Беклемышева, И. Б. Петров, А. В.Фаворская: труды МФТИ. Информатика, математическое моделирование, экономика. 2013. Т. 5, № 3. С. 3-10.
5. Численное решение динамических задач упругопластического деформирования твердых тел. / Г.В. Иванов, Ю.М. Волчков, И.О. Богульский и др. Новосибирск.: Сибирское университетское издательство, 2006. 349 с.
6. Science, Technology and Life – 2014: Proceedings of the international scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary, 27-28 December 2014
7. Котенева, Н.В. Упругопластический динамический контакт твердых тел: монография / Н. В. Котенева. Барнаул.: Изд-во АлтГТУ, 2011. 127с.
8. Maximenko, A. A. Dynamic model of elastoplastic contact interaction of smooth bodies / A.A. Maximenko, N. V. Koteneva // Billetin of the Tomsk polytechnic universini. 2007. V310, №2. С. 60-63
9. Ольшевский, А. А. Решение нормальной контактной задачи для шероховатых номинально плоских поверхностей методом конечных элементов / А. А. Ольшевский, Л. В. Винник, А. М. Фридберг // Динамика и прочность машин: сб. науч. тр. Брянск.: Брянский ГТУ. 2000. С. 102–108.
10. Буланов, Э. А. Осисимметричная контактная задача. / Э. А. Буланов // Трение и износ. 2006. Т. 27, № 6. С. 587–591.

11. Матлин М. М. Методика расчета сближения в контакте сферы с плоской поверхностью детали при малых нагрузках / М. М. Матлин, А. И. Мозгунова, Е. Н. Казанкина, В. А. Казанкина // Трение и износ. 2015. Т. 39, № 3. С. 247 – 252.

12. Сенашов С.И. Точные решения уравнений идеальной пластичности в случае плоского напряженного состояния. / С. И. Сенашов, И. Л. Савостьянова, Е. В. Фимошина // Решетниковские чтения. 2017. С. 31 - 32.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ БЫТОВОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

Б.Ф. Кузнецов, Ю.Ю. Клибанова

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского

Аннотация. На кафедре электрооборудования и физики Иркутского ГАУ разработано устройство для измерения и фиксации потребляемой мощности однофазной электрической нагрузки до 5кВт в интервале времени до 12 месяцев с дискретностью от 1 с до 10 минут. Разработанный регистратор позволяет записывать временные диаграммы потребления электрической энергии для отдельной нагрузки, что дает более полную информацию для анализа эффективности использования электроэнергии. Построена статистическая модель работы бытового водонагревателя. В результате моделирования режимов работы водонагревателя сделано предположение о том, что длительность, как включения, так и выключения водонагревателя подчиняется экспоненциальному закону распределения вероятности.

Ключевые слова: *энергосбережение, регистратор потребляемой мощности, статистическое моделирование.*

STATISTICAL MODEL OF HOUSEHOLD WATER HEATER WORK

B.F. Kuznetsov, Yu.Yu. Klibanova

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky

Abstract. At the Department of Electrical Equipment and Physics of the Irkutsk State Agrarian University, a device has been developed for measuring and fixing the power consumption of a single-phase electrical load of up to 5 kW in a time interval of up to 12 months with a resolution from 1 s to 10 minutes. The developed recorder allows you to record time diagrams of the consumption of electrical energy for a single load, which provides more complete information for analyzing the efficiency of energy use. A statistical model of the domestic water heater operation has been built. As a result of modeling the operation modes of the water heater, it was made the assumption that the duration of both turning the water heater on and off follows the exponential probability distribution.

Keywords: *energy saving, power consumption recorder, statistical modeling.*

Введение

В современном мире индустриализации одним из путей повышения экономической эффективности является рациональное использование энергоресурсов. Анализ потребления электрической энергии позволяет выявлять малорациональное, и более того неэффективное её использование. При этом детальный анализ по потребителям дает возможность гораздо конкретнее и

точнее выявить места потерь электроэнергии. Основным средством такого анализа, как проявилось, являются счетчики электроэнергии. В настоящее время их многообразие позволяет учитывать количество потребляемой электроэнергии для отдельных устройств за определенный интервал времени. В то же время полученных сведений не всегда оказывается достаточно для точного анализа эффективности использования энергии. Более полную информацию может дать распределение потребления электроэнергии в данный момент времени, а также моделирование режимов работы электроэнергетической системы, позволяющее прогнозировать и планировать потребление электроэнергии и исследовать разные процессы в энергосистеме [1]. Кроме того, многие измерительные приборы как отечественного, так и зарубежного производства не всегда обладают повышенной точностью, разрешающей способностью и чувствительностью, а также внедрением автоматизации. Поэтому в приоритете остается создание приборов достаточно простых в эксплуатации, но вполне надежных, не дорогих и адаптированными к компьютеризации. Использование микропроцессорных и вычислительных приборов существенно расширяет область их использования и позволяет совместить измерения с процедурой обработки их результатов, автоматизировать их проведение.

На кафедре электрооборудования и физики ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского» было разработано и создано устройство для измерения и фиксации потребляемой мощности однофазной электрической нагрузки до 5кВт. Данное устройство отвечает требованиям электрической безопасности и обеспечивает измерение и фиксацию потребляемой мощности на интервале времени до 1 месяца с дискретностью от 1 с до 10 мин [2]. Целью данной работы является анализ данных потребляемой мощности, полученные с помощью разработанного устройства. А также построение статистической модели режимов работы бытового водонагревателя.

Описание устройства и измерение потребляемой мощности

Ядро регистратора реализовано на контроллере ATmega2560 (применена аппаратно-программная платформа Arduino) [3]. Данное ядро значительно сокращает время написания и отладки программного обеспечения. Разработанная измерительная процедура позволяет вычислять полную и активную потребляемую электрическую мощность. Описание схемы регистратора и алгоритм вычисления потребляемой мощности даны в работе [2].

Регистратор представляет собой компактное устройство, внутри которого расположены: трансформатор напряжения, силовые клеммы, датчик тока (использован бесконтактный сенсор на основе датчика Холла), блок питания и контроллер (Рисунок 1).



Рис. 1. Компоненты регистратора потребляемой мощности

Разработанное устройство было подключено к бытовому водонагревателю. Потребляемая мощность бытового водонагревателя 2 кВт, объем – 80 л.

Измерения проводились с 25 мая 2018 г. по 1 июня 2018 г. Данные значений напряжения, силы тока и мощности (Вт) были получены с дискретностью 1 мин. Регистрация измеренных значений производится с помощью устройства DataLoggerShield XD204 на SD карту памяти[2], на которой файлы данных сохранены в формате пригодном для программы Excel.

Далее проанализируем данные потребляемой мощности, которые были получены с помощью разработанного регистратора.

Построение статистической модели режимов работы водонагревателя мощностью 2 кВт

Предварительная обработка полученных данных производится при помощи программы Mathcad. В математическом редакторе задается чтение файла с диска, содержащего полученные регистратором данные измерений. Определяется массив $Data$ – $Data := \text{READTEXT}(\text{"..\GoogleДиск}\text{LoggerEn.txt"})$. Далее задаются выражения, определяющие количество точечных измерений (количество строк и столбцов в массиве, задание счетчика, выделение столбца с мощностью и нормирование).

$M := \text{rows}(Data)$	– определение количества записей в массиве;
$M = 9.985 \cdot 10^3$	– вывод полученного значения;
$N := \text{cols}(Data)$	– определение количества столбцов массива данных;
$N = 4$	– вывод полученного значения;
$i := 0 .. M - 1$	– задание диапазона индекса;
$Power := Data^{(3)}$	– выделяем столбец с записями мощности в отдельный массив;

$Power_N_i := \text{if}(Power_i > 200, 1, 0)$ – нормируем значение зарегистрированных значений потребляемой мощности. Если значения мощности выше 200 Вт, то – «1», иначе – «0».

На рисунке 2 представлен график включения (выключения) водонагревателя. По оси абсцисс отложено событие включения водонагревателя, если это «1» и событие выключения, если это «0», по оси ординат – его длительность в мин.

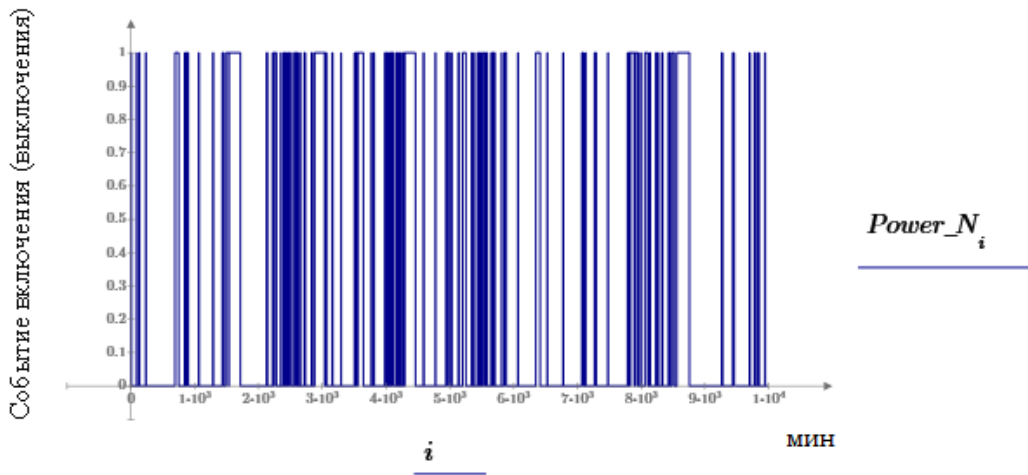


Рис.2. График включения (выключения) водонагревателя

С помощью программы Mathcad формируется массив, в котором сохраняется длительность интервалов включения водонагревателя:

```

D1 := | k ← 0
      | start ← 0
      | stop ← 0
      | for i ∈ 0..M-2
      | | if Power_N_i = 0 ∧ Power_N_{i+1} = 1
      | | | start ← i + 1
      | | if Power_N_i = 1 ∧ Power_N_{i+1} = 0
      | | | stop ← i
      | | | P1_k ← stop - start
      | | | k ← k + 1
      | P1

```

А также формируется массив, в котором сохраняется длительность интервалов выключения водонагревателя:

```

D0 :=
  k ← 0
  start ← 0
  stop ← 0
  for i ∈ 0 .. M - 2
    if Power_Ni = 1 ∧ Power_Ni+1 = 0
      start ← i + 1
    if Power_Ni = 0 ∧ Power_Ni+1 = 1
      stop ← i
      P1k ← stop - start
      k ← k + 1
  P1

```

Далее необходимо провести оценку коэффициента корреляции между рядами длительности включения и выключения водонагревателя:

$$\text{corr}(D1, D0) = 0.364$$

Полученное значение коэффициента корреляции оказалось незначительное, поэтому можно выдвинуть гипотезу, что между временными рядами длительности интервалов включенного состояния и интервалов отключенного состояния водонагревателя отсутствует статистическая взаимосвязь.

Построение гистограмм временных рядов включения и выключения водонагревателя. Для построения гистограмм воспользуемся встроенной в Mathcad функцией `histogram`.

На рисунке 3 представлен график длительности включения водонагревателя. Из графика видно, что чаще всего водонагреватель включался на 20–30 мин, и достаточно редко (около 4 раз) на более длительное время ~180 мин.

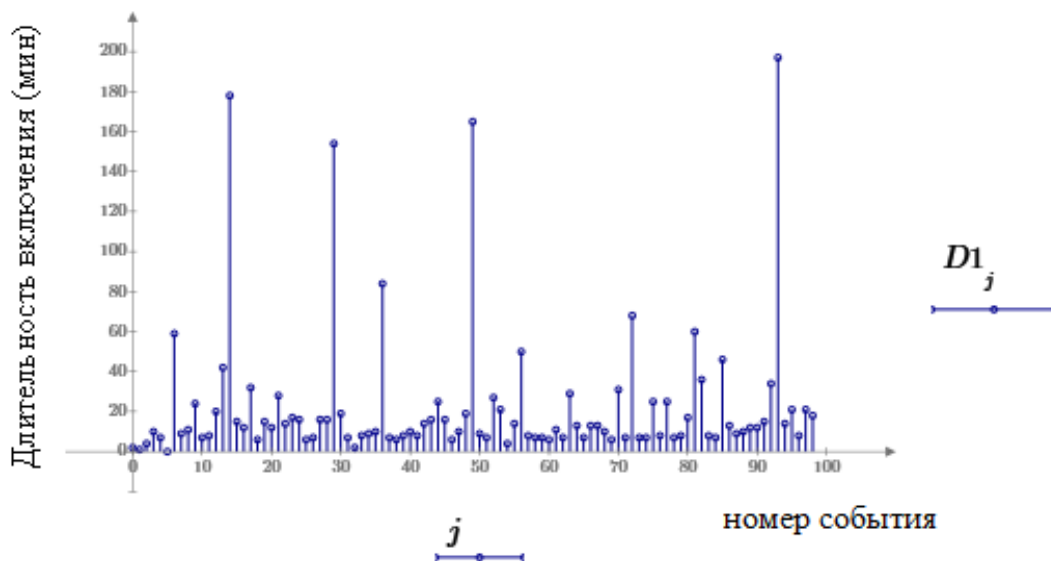


Рис. 3. График длительности события включения

Далее построена гистограмма длительности включения работы бытового водонагревателя (рис. 4). Из полученной гистограммы видно, что водонагреватель включался на небольшое время достаточно часто. Например, на 10 мин около сорока раз и на 20 мин около тридцати раз. А на более длительное время (180–200 мин) только три раза. Можно предположить, что зависимость частоты появления события включения от длительности этого события подчиняется экспоненциальному закону.

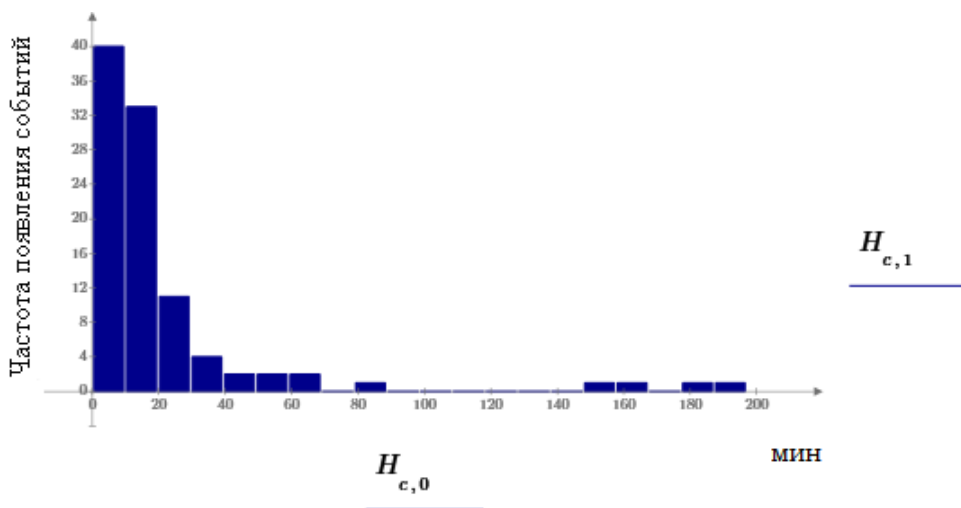


Рис. 4. Гистограмма эмпирической вероятности длительности включения работы водонагревателя

Аналогично получены график длительности выключения водонагревателя (Рисунок 5) и гистограмма эмпирической вероятности длительности выключения работы водонагревателя (Рисунок 6).

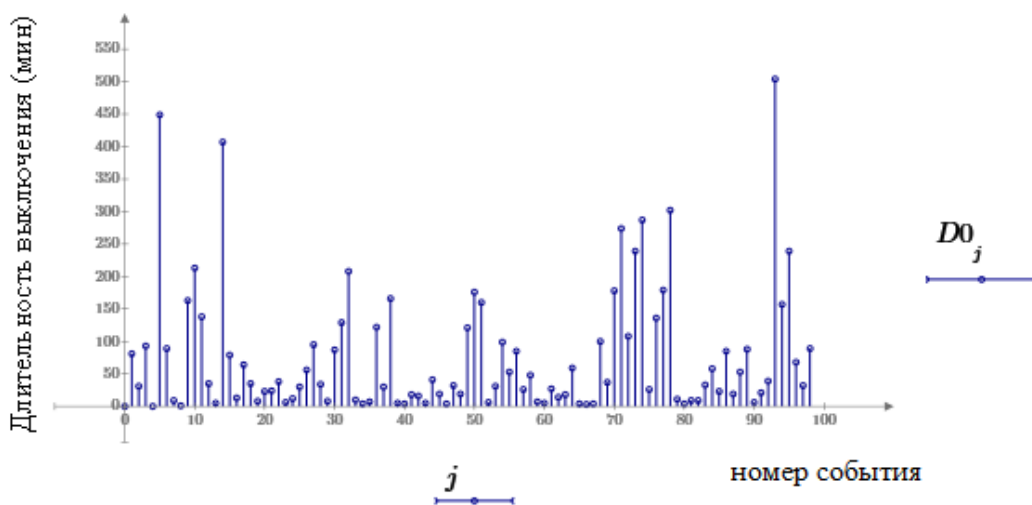


Рис. 5. График длительности события выключения

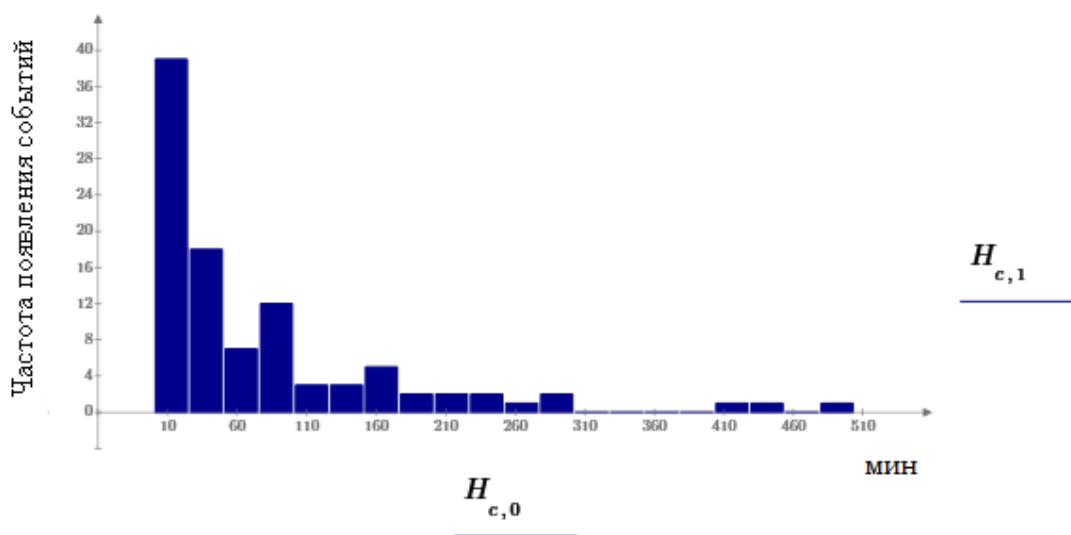


Рис. 6. Гистограмма эмпирической вероятности длительности выключения работы водонагревателя

Из анализа графика длительности события выключения и гистограммы эмпирической вероятности длительности выключения работы водонагревателя, можно предположить, что зависимость частоты появления события выключения от длительности этого события также подчиняется экспоненциальному закону.

Выводы

С помощью разработанного регистратора измерения и фиксации потребляемой мощности были получены данные режима работы бытового водонагревателя. Моделирование режимов работы водонагревателя выявило следующее: 1) временной ряд длительности включения и длительности паузы (выключения) является статистически независимыми; 2) можно предположить, что длительность включения подчиняется экспоненциальному закону распределения вероятности, т.е. с ростом длительности включения вероятность события будет уменьшаться; 3) можно предположить, что длительность выключения подчиняется экспоненциальному закону распределения вероятности, т.е. с ростом длительности выключения вероятность события будет уменьшаться.

Список литературы

1. Шаталов А.Ф., Воротников И.Н., Мастепаненко М.А., Шарипов И.К., Аникуев С.В. Моделирование в электроэнергетике: учебное пособие. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, – 2014. – 140 с.
2. Клибанов М.В., Тархаев Р.В., Кузнецов Б.Ф. Регистратор потребляемой мощности // «Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК». Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, – 2018 – С. 264–269.
3. Пильцов М.В., Кузнецов Б.Ф., Сукьясов С.В. Микропроцессорное управление технологическими процессами. Практикум по дисциплине. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2016. – 92 с.

УДК 613.8 (076)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНЫХ РАСЧЕТОВ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

П.А. Лисин, А.А. Слащилин

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

Аннотация. Рассматривается методика математического моделирования рецептурного расчета пищевых продуктов, оптимизация его ингредиентного состава на основе положений линейного программирования, с целью получения качественной продукции с минимальной себестоимостью. Приведен пример реализации метода. Предложена рецептура биоюгурта с фруктовым ингредиентом и инулином.

Ключевые слова: *математическое моделирование, линейное программирование, симплекс-метод, оптимизация рецептуры, биоюгурт.*

MATHEMATICAL MODELING OF THE PRESCRIPTION CALCULATIONS BASED ON LINEAR PROGRAMMING

P.A. Lishin, A.A. Slashchilin

Omsk state agrarian University. P.A. Stolypin

Abstract. The article deals with the method of mathematical modeling of prescription calculation of food products, optimization of its ingredient composition based on the provisions of linear programming, in order to obtain high-quality products with a minimum cost. An example of the method implementation is given. The formulation of bio yogurt with fruit ingredient and inulin is offered

Keywords: *computer simulation, optimization formulation, linear programming, bio yogurt.*

Современные рыночные отношения требует повышения эффективности производства, экономии сырьевых ресурсов, совершенствования технологических процессов и экономических расчетов, оперативного управления производством. В оптимизации рецептурной смеси продукта заданного состава и соотношении ингредиентов большую роль играют компьютерные математические системы [1,2,5].

В учебной, научной и производственной деятельности студенты и инженеры - технологи используют несколько методов расчета рецептур: арифметический, алгебраический, произвольного выбора, нормативный. Наиболее широко применяется расчет рецептуры многокомпонентных молочных продуктов с использованием алгебраического метода и метода произвольного выбора. В справочниках и учебниках по технологии пищевых продуктов приводится большой набор типовых рецептур, на основании которых осуществляется перерасчет состава разрабатываемого продукта. Данные методы являются традиционными, но недостаточно эффективными, их целесообразно применять в том случае, когда число рецептурных ингредиентов в продукте не превышает четырех [3,4].

Для оперативного расчета рецептур и оптимизации его состава требуется привлечение современных математических компьютерных систем типа Excel,

MathCAD, Maple, с помощью которых возможно без ошибок (вызванные человеческим фактором) проектировать функциональные продукты питания с заданным составом и свойствами.

Целью работы является разработка методики математического моделирования рецептурных расчетов продуктов питания, оптимизация их ингредиентного состава на основе классических положений линейного программирования.

Методы исследований. Математическим аппаратом оптимизации рецептурных расчетов является фундаментальный закон сохранения массы вещества, реализация которого осуществляется с помощью положений теории линейного программирования. Как известно, рецептурная задача относится к одной из классических задач линейного программирования. Разработка которых, выполнены российским математиком, лауреатом Нобелевской премии академиком Л.К. Канторовичем. Основной метод решения задач линейного программирования – симплекс метод – был предложен американским ученым Дж. Данцигом [1].

Решение системы линейных балансовых уравнений может привести к трем случаям: система не имеет решения; система имеет одно решение; система имеет множество решений. С технологической точки зрения производственный интерес представляет случай, когда система уравнений имеет одно решение и множество неотрицательных решений, что означает существование либо одной рецептуры, либо множества вариантов рецептур продукта. Задача студента и инженера-технолога заключается в том, чтобы из данного множества рецептур необходимо выбрать рецептуру с заданными параметрами – функцией цели (минимальная себестоимость продукта, максимальная энергетическая ценность и др.).

Математическое моделирование решения рецептурной задачи сводится к последовательному выполнению шести этапов [2,3]:

1. Формирование информационной матрицы данных, которая включает: вид, химический состав, оптовые цены ингредиентов и проектируемый состав продукта.

2. Составляются линейные балансовые уравнения по химическому составу продукта: жир, белок, углеводы, сухие вещества, масса продукта.

3. Устанавливаются технологические ограничения на использование отдельных видов ингредиентов, как по виду, так и по соотношению в смеси продукта.

4. Задается функция цели для проведения оптимизации рецептуры.

5. Рецептурная задача решается с помощью компьютерной математической системы.

6. Проводится анализ вариантов рецептур и выбирается рецептура, отвечающая поставленным целям.

Реализация компьютерного моделирования выполнена на примере составления рецептуры многокомпонентного биоогурта. Одним из важнейших резервов повышения рентабельности производства кисломолочного продукта является снижение себестоимости выпускаемой продукции [4,5].

Биойогурт с инулином и фруктовым наполнителем, должен содержать в 100 г продукта, не менее: жира -2,5 г, белка -3,2 г, сахара - 4,2 г. сухих веществ (СВ) 16 г. Ингредиенты, используемые в качестве компонентов моделируемого продукта, представлены в таблице 1. Информационная матрица данных состоит из пяти структурных элементов: рецептурные ингредиенты и их химический состав, оптовые цены и состав моделируемого продукта, индексированных переменных (в табл.1 через - X_i).

Таблица 1

Информационная матрица данных для проведения оптимизации рецептурного расчета биойогурта с инулином и фруктовым наполнителем

Рецептурные ингредиенты	X_i	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
		жира	белка	сахара	СВ**	
Молоко цельное	X_1	3,4	3,0	0,0	11,4	19,70
Молоко обезжиренное	X_2	0,05	3,2	0,0	8,3	11,80
СОМ*	X_3	1,0	34,0	0,00	96,0	160,0
Сахар-песок	X_4	0,0	0	99,9	99,9	44,37
Закваска	X_5	0	0	0	0	240,0
Курага (абрикос)	X_6	0,3	5,2	51,0	80	165,0
Инулин	X_7	0	0	0	0	305,0
Состав биойогурта		2,5	3,2	9,5	21,5	

*СОМ – сухое обезжиренное молоко. **СВ – сухие вещества

В таблице 2 на основании данных информационной матрицы сформирована система линейных балансовых уравнений и неравенств.

Таблица 2

Система линейных балансовых уравнений и ограничений

Баланс содержания:	Уравнения, ограничения
жира	$(3,4 \cdot X_1 + 0,05 \cdot X_2 + 1,0 \cdot X_3 + 0,3 \cdot X_6) / 100 = 2,5$
белка	$(3 \cdot X_1 + 3,2 \cdot X_2 + 34 \cdot X_3 + 5,2 \cdot X_6) / 100 = 3,2$
сахара	$(99,9 \cdot X_4 + 51 \cdot X_6) / 100 = 4,2$
сухих веществ	$(11,4 \cdot X_1 + 8,3 \cdot X_2 + 96 \cdot X_3 + 99,9 \cdot X_4 + 80 \cdot X_6) / 100 = 16,5$
Закваска, курага, инулин	$X_5 = 0,1; \quad 4 \leq X_6 \leq 5;$ $X_7 = 1,0$
массы биойогурта	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 = 100,00$

Из таблицы 2 видно, что требуется решить систему линейных балансовых уравнений с матрицей размерностью 8×7 , где 8 – число уравнений и 7 неравенств с 7 неизвестными.

Функция цели - минимальная себестоимость биойогурта запишется в виде:
 $F(X_i) = \min(19,7 \cdot X_1 + 11,8 \cdot X_2 + 160 \cdot X_3 + 44,37 \cdot X_4 + 240 \cdot X_5 + 165 \cdot X_6 + 220 \cdot X_7)$

Систему линейных балансовых уравнений и неравенств решаем с помощью табличного процессора Excel с надстройкой «Поиск решения». Решение системы линейных уравнений рецептурной задачи осуществляем в следующей последовательности:

а) в ячейке **C10** вычисляем массу ингредиентов в рецептуре, как сумму:

= СУММ(C3:C9)

б) В строке 13 - осуществляем ввод балансовых уравнений. В ячейках с D13 - G13 вычисляют массовые доли жира, белка, углеводов и сухих веществ. Например, формула в ячейке D13 (массовая доля жира) запишется следующим образом:

=СУММПРОИЗВ(\$C\$3:\$C\$9;D3:D9)/100.

Эту формулу копируем в ячейки E13, F13, G13.

в) В ячейке H12 вычисляют себестоимость 100 кг биоюгурта, как сумму произведений массы ингредиентов на его цену :

=СУММПРОИЗВ(C3:C9;H3:H9)

г) В строке 11 указывают стандартное содержание жира, белка, углеводов и сухих веществ в продукте. Например, в ячейку D11 вводим значение 2,5 и т.д.

В надстройке «Поиск решения» заполняем диалоговое окно «Параметры поиска решения» (рис.1.), вводим координаты целевой функции – ячейка H12 В окне «Изменяя ячейки переменных» столбец переменных \$C\$3:\$C\$, в окне «В соответствии с ограничениями» - ограничения на использование ингредиентов, и нажимая кнопку «Выполнить решение» производим расчет рецептуры биоюгурта.

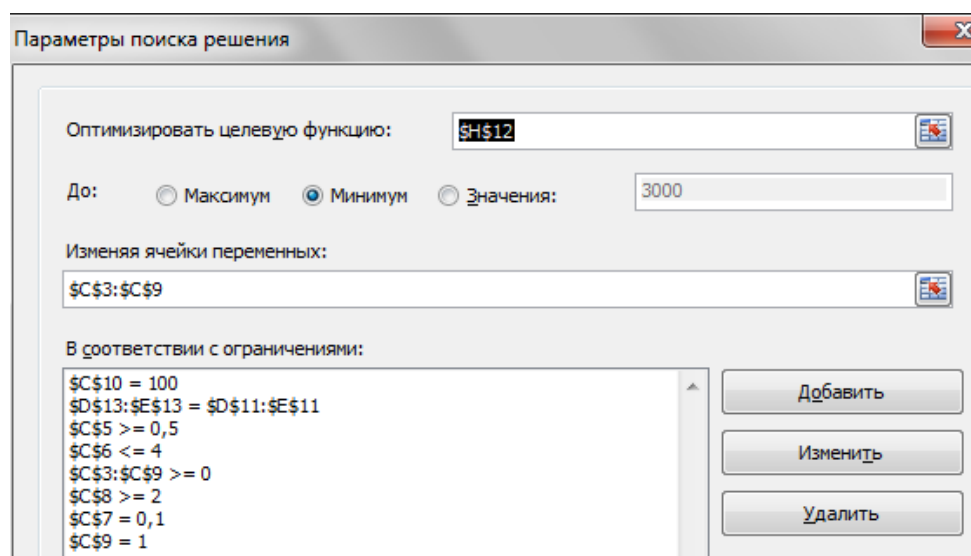


Рис.1. Параметры поиска решения рецептуры биоюгурта

Рецептурный состав биоюгурта с минимальной и максимальной себестоимостью приведен на рисунках 2 и 3.

H12		fx =СУММПРОИЗВ(С3:С9;Н3:Н9)						
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Ингредиенты	Xi	Рецептура, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
2				жира	белка	сахара	СВ	
3	Молоко цельное	X ₁	72,87	3,40	3,00	0,00	11,40	19,70
4	Молоко обезжиренное	X ₂	23,13	0,05	3,20	0,00	8,30	11,80
5	СОМ	X ₃	0,50	1,00	34,00	0,00	96,00	160,00
6	Сахар-песок	X ₄	3,41	0,00	0,00	99,90	99,90	44,37
7	Закваска DVS	X ₅	0,10					240,00
8	Курага (абрикос)	X ₆	2,00	0,30	5,2	51	80	165,00
9	Инулин - пребиотик	X ₇	1,00					220,00
10	МАССА, кг		100,0					
11	Состав БИОЙОГУРТА			2,5	3,2	4,4	15,7	
12	Функция цели, руб			Себестоимость, руб./за 100 кг				2513,57
13	Балансовые уравнения			2,5	3,2	4,4	15,7	

Рис. 1. Рецептурный состав биоюгурта с минимальной себестоимостью

H12		fx =СУММПРОИЗВ(С3:С9;Н3:Н9)						
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Ингредиенты	Xi	Рецептура, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
2				жира	белка	сахара	СВ	
3	Молоко цельное	X ₁	72,84	3,40	3,00	0,00	11,40	19,70
4	Молоко обезжиренное	X ₂	22,56	0,05	3,20	0,00	8,30	11,80
5	СОМ	X ₃	0,50	1,00	34,00	0,00	96,00	160,00
6	Сахар-песок	X ₄	4,00	0,00	0,00	99,90	99,90	44,37
7	Закваска DVS	X ₅	0,10					240,00
8	Курага (абрикос)	X ₆	2,36	0,30	5,2	51	80	165,00
9	Инулин - пребиотик	X ₇	1,00					220,00
10	МАССА, кг		100,0					
11	Состав БИОЙОГУРТА			2,5	3,2	5,2	16,5	
12	Функция цели, руб			Себестоимость, руб./за 100 кг				2592,57
13	Балансовые уравнения			2,5	3,2	5,2	16,5	

Рис. 2. Рецептурный состав биоюгурта с максимальной себестоимостью

Расчитанные варианты рецептур биоюгурта, обогащенного инулином и фруктовым наполнителем, при производстве 100 кг продукта приведены в сводной таблице 3.

Обсуждение результатов работы.

Следует отметить, что вариация рецептур позволила определить минимальную и максимальную себестоимость продукта, при соответствии состава биоюгурта нормативной документации (ГОСТу).

Например, рецептура биоюгурта под номером 1(min) меньше по стоимости рецептуры 2(max) на $2592,57 - 2513,57 = 79$ рубля, при производстве 100 кг. продукта.

Варианты рецептов биоогурта с курагой и инулином

Рецептурные ингредиенты	Индекс, X_i	Варианты рецептов биоогурта с различной себестоимостью, расход сырья кг, на 100 кг (без учета потерь)	
		1(min)	2(max)
Молоко цельное	X_1	72,87	72,84
Молоко обезжиренное	X_2	23,13	22,56
СОМ	X_3	0,50	0,50
Сахар - песок	X_4	3,41	4,00
Закваска DVS	X_5	0,10	0,10
Курага (абрикос)	X_6	2,00	2,36
Инулин	X_7	1,00	1,00
Себестоимость, руб./100 кг.		2513,57	2592,57

Применение математического моделирования в рецептурных расчетах молочных продуктов доказывает свою высокую эффективность, как в учебном процессе, так и в производственной деятельности, благодаря своей наглядностью, оперативностью и получением экономической прибыли. Разработанная методика моделирования успешно применяется в процессе подготовки бакалавров и магистрантов на кафедре продуктов питания и пищевой биотехнологии аграрного университета, а также на предприятиях молочной промышленности Омской области.

Список литературы

1. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: учебное пособие / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с.
2. Лисин, П.А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов / П.А. Лисин. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 104 с.
3. Лисин, П.А. Компьютерное моделирование производственных процессов в пищевой промышленности / П.А. Лисин. – СПб.: ЛАНЬ, 2016. – 256 с.
4. Моделирование рецептуры пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика: учеб. пособие / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев [и др.]. – СПб.: ГИОРД, 2015. – 320 с.
5. Мусина, О.Н. Компьютерное проектирование рецептур: практикум / О.Н. Мусина. - Директ-Медиа, 2015. - 105 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПАНЕЛЕЙ С МНОГОСЛОЙНЫМИ ВИБРОДЕМПФИРУЮЩИМИ ПОКРЫТИЯМИ

А.Н. Литвинов

Пензенский государственный университет

Аннотация. Рассмотрены конструктивные элементы в виде панелей и оболочек различной геометрии, на внутренней и внешней поверхностях которых расположены многослойные вибродемпфирующие покрытия, состоящие из слоев различной жесткости.

Предложенная математическая модель позволяет исследовать эффективность применения таких покрытий, определять оптимальные параметры слоев покрытий и места их расположения для повышения виброустойчивости конструктивных элементов.

Ключевые слова: модель, математическое моделирование, оболочка, панель, покрытие, вибродемпфирование, виброустойчивость.

MATHEMATICAL MODELING OF THE DYNAMICS OF PANELS WITH MULTILAYER VIBRATION DAMPING COATINGS

A.N. Litvinov

Penza State University

Abstract. Structural components in the form of various geometry panels and shells, which inner and outer surfaces have multilayer vibration damping coatings composed of various rigidity layers, are observed. The proposed mathematical model allows us to analyze operational effectiveness of such coatings, to determine the optimal parameters of the coating layers and their location for increasing the vibration resistance of structural components.

Keywords: model, mathematical modeling, shell, panel, coating, vibration damping, vibration resistance.

Панели и оболочки широко применяются в качестве несущих конструкций, на которых крепятся блоки телеметрической, радиоэлектронной и иной аппаратуры, работающей в условиях внешних динамических воздействий. Для повышения их виброустойчивости на внешних и внутренних поверхностях несущих панелей размещают многослойные покрытия из чередующихся слоев различной жесткости, обеспечивающие демпфирование в широком частотном диапазоне [1,2].

Таким образом, несущая оболочка или панель с многослойным вибродемпфирующим покрытием представляет собой многослойную вязкоупругую гетерогенную структуру.

1. Обобщенная модель конструкции с покрытиями

В самом общем случае напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкции с покрытием является объемным и характеризуется полями тензоров напряжений $\sigma_{jk}(\mathbf{X}, t)$ и деформаций $\varepsilon_{jk}(\mathbf{X}, t)$. Здесь $j = 1, 2, 3$; $\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3)$ – вектор координат; t – время.

За характеристику демпфирования в конструкции примем относительное рассеяние энергии [3]

$$\psi = \frac{\Delta W}{W}, \quad (1)$$

где W – среднее за период значение полной энергии конструкции, ΔW – величина энергии, рассеиваемой в конструкции за период.

Поле деформаций определяется в виде

$$\varepsilon_{jk}(\mathbf{X}, t) = \varepsilon_{jk}^0(\mathbf{X}, \omega) e^{i\omega t}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_{jk}^0(\mathbf{X}, \omega)$ – тензорная функция координат \mathbf{X} , характеризующая форму колебаний с частотой ω .

Обобщенные соотношения вязкоупругости в общем случае НДС

принимают вид

$$\sigma_{jk}(\mathbf{X}, t) = \Lambda_{jklm} \varepsilon_{lm}^0 \exp(i\omega t). \quad (3)$$

Здесь $\sigma_{jk}(\mathbf{X}, t)$ – комплексная тензорная функция напряжений; $\Lambda_{jklm}(\mathbf{X}, \omega)$ – тензор комплексных модулей вязкоупругой гетерогенной системы.

Относительное рассеяние энергии можно вычислить, рассматривая свободные или вынужденные колебания гетерогенной вязкоупругой системы, уравнения колебаний которой в операторной форме в общем случае представим в виде

$$L\mathbf{u} + L_t \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} = \mathbf{q}, \quad (4)$$

где $\mathbf{u}(\mathbf{X}, t)$ – вектор перемещений с компонентами $u_j(\mathbf{X}, t)$; $\mathbf{q}(\mathbf{X}, t)$ – вектор, характеризующий внешнее воздействие; L и L_t – вязкоупругие операторы, вид и структура которых зависят от принятых гипотез и особенностей рассматриваемой конструкции. Уравнения свободных колебаний следуют из (4) при $\mathbf{q} = 0$.

Относительное рассеяние энергии при свободных колебаниях можно оценить не определяя поле перемещений и соответствующее ему поле деформаций из соотношения рассеяние энергии [3]

$$\Psi_{св} = 4\pi \frac{\omega_i}{\omega_r}, \quad (5)$$

где ω_r и ω_i – действительная и мнимая части комплексной частоты свободных колебаний вязкоупругой диссипативной системы.

На рис. 1 показаны панели и элемент конструкции с покрытиями. На панелях наружные и внутренние многослойные покрытия условно не показаны. В самом общем случае считаем, что на верхней и внутренней поверхностях несущей оболочки (панели) расположены многослойные вибродемпфирующие покрытия, состоящие из чередующихся мягких и жестких слоев в соответствии с классификацией, принятой в [3]. Суммарная толщина каждого слоистого покрытия равна H_j , где $j = \pm 1$. Знак «+» соответствует внешнему, а «-» – внутреннему вибродемпфирующим покрытиям (единицу в j будем в дальнейшем опускать).

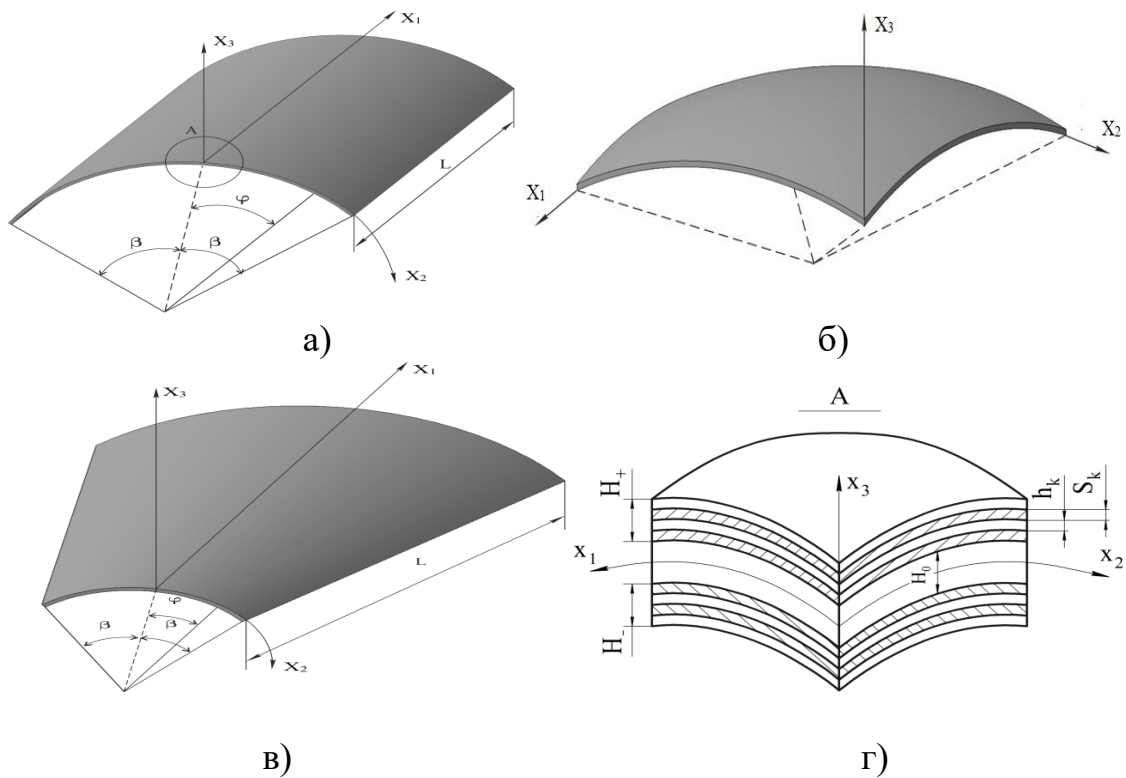


Рис. 1. Панели: а – цилиндрическая; б – сферическая; в – коническая; г – элемент конструкции с покрытиями

Исследуем эффективность применения слоистых покрытий для демпфирования колебаний конструктивных элементов изделий в виде панелей различной геометрии. Проскальзывание между слоями покрытий и по поверхностям контакта покрытий с несущей панелью отсутствует. Материалы слоев покрытий и несущей оболочки являются линейными вязкоупругими. Несущую панель с покрытиями рассматриваем как многослойную нерегулярную структуру.

2. Уравнения движения многослойной гетерогенной системы

Уравнение движения рассматриваемой многослойной системы имеют, вид представленный в [3].

Для частных случаев оболочек и панелей значения главных кривизн и постоянных Ламэ приведены в табл. 1. Здесь R_k - радиус кривизны k -го жесткого слоя, h_k - его толщина, S_k - толщина мягкого k -го слоя.

Таблица 1

Параметры панелей

Тип панели (оболочки)	Постоянные Ламэ		Главные кривизны	
	$H_1^{(k)}$	$H_2^{(k)}$	$K_1^{(k)}$	$K_2^{(k)}$
цилиндрическая	1	R_k	0	R_k^{-1}
сферическая	R_k	$R_k \sin \alpha$	R_k^{-1}	R_k^{-1}
коническая	1	$x \sin \alpha +$ $0,5(h_k + h_{k+1})$	0	R_k^{-1}

При этом для конической панели принята система координат, где α – угол полураствора полного конуса, соответствующего рассматриваемой конической панели. Для сферической панели под α понимаем угол широты в сферической системе координат.

При решении задач по моделированию динамики многослойных панелей необходимо поставить граничные условия для жестких слоев на кромках панелей в принятой системе координат.

Исходя из соображений ограничения веса и размеров конструкции, покрытия, как правило, выполняют не слишком толстыми. Это обстоятельство позволяет для таких конструкций не учитывать изменение метрики по толщине каждого покрытия, что приводит к существенным упрощениям исходных уравнений. В то же время при переходе от несущей оболочки к внешнему или внутреннему покрытиям изменение метрики необходимо учитывать.

В этом случае вводим средние радиусы R_j покрытий:

$$R_j = R_0 + \frac{1}{2}(H_0 + jH_j), (j = \pm 1). \quad (6)$$

Здесь R_0 и H_0 – радиус срединной поверхности и толщина несущей оболочки.

Для примера рассмотрим цилиндрическую панель (рис. 1а). Слоистые покрытия считаем регулярными, а соответствующие физико-механические и геометрические характеристики слоев внешнего и внутреннего покрытий полагаем различными. При этом вся конструкция (несущая панель с покрытиями) является нерегулярной вязкоупругой многослойной системой. Средние радиусы покрытий определяем выражениями (6).

Введем безразмерные переменные $x = x^*/R_0$, $u_i = u_i^*/R_0$ ($i = 1, 2, 3$). Звездочками обозначены соответствующие размерные величины. Жесткие слои покрытий занумеруем следующим образом: $k = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm n_j$, где знак «+» относится к слоям внешнего покрытия, а знак «-» к слоям внутреннего покрытия; n_j – число жестких слоев в соответствующем покрытии. Несущей оболочке соответствует индекс $k = 0$.

В этом случае система уравнений движения принимает вид:

$$\begin{aligned} L_{11}^k u_k + L_{12}^k v_k + L_{13}^k w + \chi_k \left(u_{k+1} - u_k + c_k \frac{\partial w}{\partial x} \right) \eta_{kn_+} - \\ - \chi_{k-1} \left(u_k - u_{k-1} + c_{k-1} \frac{\partial w}{\partial x} \right) \eta_{k(-n_-)} = 0, \\ L_{21}^k u_k + L_{22}^k v_k + L_{23}^k w + \chi_k \left(v_{k+1} - v_k + c_k r_k \frac{\partial w}{\partial \varphi} \right) \eta_{kn_+} - \\ - \chi_{k-1} \left(v_k - v_{k-1} + c_{k-1} r_k \frac{\partial w}{\partial \varphi} \right) \eta_{k(-n_-)} = 0, \\ (k = 0, j, 2j, \dots, jn_j; j = \pm 1). \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{k=-n_-}^{n_+} \varepsilon_k \left(L_{31}^k u_k + L_{32}^k v_k + L_{33}^k w \right) - \\
& - \sum_{k=-n_-}^{n_+-1} \chi_k^0 c_k \left[\frac{\partial}{\partial x} (u_{k+1} - u_k) + r_k \frac{\partial}{\partial \varphi} (v_{k+1} - v_k) + c_k \Delta w \right] - \\
& - \bar{m} \omega^2 w = Q(x_1, x_2).
\end{aligned} \tag{8}$$

Здесь введены безразмерные параметры

$$\begin{aligned}
\chi_k &= \frac{G_k (1 - \nu_k^2)}{E_k h_k s_k} R_0^2; \quad \varepsilon_k = \frac{E_k (1 - \nu_0^2) h_k}{E_0^{(r)} (1 - \nu_k^2) H_0}; \quad \chi_k^0 = \varepsilon_k \chi_k; \\
Q &= \frac{Q^* R_0 (1 - \nu_0^2)}{E_0^{(r)} H_0}; \quad \omega = R_0 \left[\frac{\rho_0 (1 - \nu_0^2)}{E_0^{(r)}} \right]^{1/2} \omega^*; \quad c_k = \frac{c_k^*}{R_0}; \\
d_k &= \frac{1}{12} \left(\frac{h_k}{R_0} \right)^2; \quad r_k = \frac{R_0}{R_j} \left(k = 0, j, 2j, \dots, jn_j; j = \pm 1 \right) r_0 = 1;
\end{aligned}$$

m – распределенная масса всей слоистой системы; u_k, v_k, w – перемещения жестких слоев по осям x_1, x_2, x_3 соответственно.

L_{ji}^k – линейные дифференциальные операторы имеют вид:

$$\begin{aligned}
L_{11}^k &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1 - \nu_k}{2} r_k^2 \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}; & L_{12}^k &= L_{21}^k = \frac{1 + \nu_k}{2} r_k \frac{\partial^2}{\partial x \partial \varphi}; \\
L_{22}^k &= \frac{1 - \nu_k}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + r_k^2 \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}; & L_{13}^k &= L_{31}^k = \nu_k r_k \frac{\partial}{\partial x}; \\
L_{23}^k &= L_{32}^k = r_k^2 \frac{\partial}{\partial \varphi}; & L_{33}^k &= d_k \Delta \Delta + r_k^2.
\end{aligned}$$

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + r_k^2 \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$ – оператор Лапласа в цилиндрической системе координат.

Так как материалы слоев покрытий являются линейными вязкоупругими, под E_k, G_k следует понимать комплексные модули при заданной частоте ω [4].

Аналогично осуществляется переход к уравнениям движения гетерогенных структур в перемещениях и для других типов оболочек и панелей с учетом их параметров, приведенных в табл. 1.

3. Численные результаты исследований

Анализ уравнений движения несущих оболочек и панелей с многослойными покрытиями показал, что если покрытия, расположенные на внешней и внутренне поверхностях оболочки (панели), имеют регулярную структуру (при этом внешнее и внутреннее покрытия могут быть различными), то полученная система уравнений допускает аналитическое решение для замкнутой цилиндрической оболочки с граничными условиями Навье на торцах, цилиндрической панели с аналогичными условиями на всех кромках и

для замкнутой сферической оболочки с покрытиями.

При численном моделировании рассматривались регулярные многослойные покрытия, содержащие мягкие диссипативные слои, работающие на сдвиг. Считалось, что рассеяния энергии в жестких слоях не происходит. Демпфирование осуществляется за счет развитых деформаций сдвига в мягких вязкоупругих слоях, материал которых характеризуется комплексным модулем сдвига $G_* = G(1 + i\eta)$. Здесь G – динамический модуль сдвига; η – тангенс потерь [2], характеризующий диссипативные свойства мягкого слоя. Свойства материалов жестких слоев покрытий и несущей конструкции характеризуются соответственно модулями упругости E и E_0 , а также коэффициентами Пуассона ν и ν_0 .

При численных исследованиях введены следующие обобщенные безразмерные параметры гетерогенной системы: $e = E(1 - \nu_0^2) / E_0(1 - \nu^2)$ – относительная жесткость покрытия; n – общее число жестких слоев в покрытии; $\alpha = h / (h + s)$ – коэффициент армирования в покрытии; h, s – толщина жесткого и мягкого слоев; H_0 – толщина несущей оболочки (панели); $g = G(1 - \nu^2) / E$ – параметр сдвига, характеризующий относительную жесткость мягких диссипативных слоев.

В качестве основных показателей эффективности применения вибродемпфирующих покрытий принято относительное рассеяние при вынужденных ψ (1) и свободных $\psi_{св}$ (5) колебаниях. Для обобщения проведенных исследований все численные результаты представлены в безразмерной форме для характеристик эффективности вибродемпфирования $\bar{\psi} = \psi / \eta$ и $\bar{\psi}_{св} = \psi_{св} / \eta$.

Проведенные численные исследования показали, что независимо от геометрии несущей конструкции внутреннее расположение покрытий является более эффективным, т.к. при этом увеличивается кривизна слоев покрытий и их деформации сдвига, что и приводит к увеличению диссипации энергии при динамических воздействиях.

В табл. 2 приведены некоторые результаты численных исследований, проведенных для цилиндрической и конической оболочек с одинаковыми характеристиками покрытий при $e=1$ и коэффициенте армирования $\alpha=0,5$. Рассмотрено внешнее (ψ_+) и внутреннее ($\bar{\psi}_-$) расположение покрытий при $H/H_0 = 0,4$. Число жестких слоев в покрытиях принято равным $n = 2$. Несущая оболочка соответствует размерам $H_0/R_0 = 10^{-2}$; $L/R_0 = 5$. Для конической оболочки угол полураствора принят равным 15° . Габаритные геометрические размеры (длина L и радиус R_0) у обеих оболочек приняты одинаковыми.

Из полученных результатов следует, что относительная характеристика эффективности демпфирования для конической оболочки меньше, чем для цилиндрической оболочки тех же габаритных размеров. Очевидно, это связано

с тем, что коническая оболочка в окружном направлении является более жесткой, чем цилиндрическая, т.е. в мягких диссипативных слоях уменьшаются деформации сдвига, которые существенным образом определяют эффективность демпфирования несущей оболочки.

Таблица 2

Характеристики демпфирования

Параметр сдвига g	Цилиндрическая оболочка		Коническая оболочка	
	Ψ_+	Ψ_-	Ψ_+	Ψ_-
10^{-2}	$0,480 \cdot 10^{-3}$	$0,506 \cdot 10^{-3}$	$0,321 \cdot 10^{-3}$	$0,392 \cdot 10^{-3}$
10^{-3}	$0,466 \cdot 10^{-2}$	$0,490 \cdot 10^{-2}$	$0,312 \cdot 10^{-2}$	$0,350 \cdot 10^{-2}$
10^{-4}	$0,351 \cdot 10^{-1}$	$0,367 \cdot 10^{-1}$	$0,301 \cdot 10^{-1}$	$0,320 \cdot 10^{-1}$
10^{-5}	$0,651 \cdot 10^{-1}$	$0,666 \cdot 10^{-1}$	$0,596 \cdot 10^{-1}$	$0,612 \cdot 10^{-1}$
10^{-6}	$0,150 \cdot 10^{-1}$	$0,152 \cdot 10^{-1}$	$0,116 \cdot 10^{-1}$	$0,108 \cdot 10^{-1}$

На рис. 2 показаны зависимости относительного рассеяния энергии $\bar{\Psi} = \psi/2\pi\eta$ от безразмерного параметра сдвига g для мягких слоев покрытия. Результаты расчета приведены для расположения регулярного покрытия на внешней поверхности панели при $H = 0,2H_0$; $n = 1$; $s = h$; $L/R_0 = 5$; $e = 1$; $\alpha = 0,5$; $H_0/R_0 = 10^{-2}$; $\mu = \mu_0 = 0,3$, $\eta = 0,3$. Расчет выполнен для формы колебаний, которая соответствует минимальной собственной частоте несущей панели. Сплошными линиями показаны результаты вычислений для полной замкнутой цилиндрической оболочки, а пунктирными линиями – для панели, окружной размер которой соответствует $\beta = 45^\circ$ (см. рис. 1а).

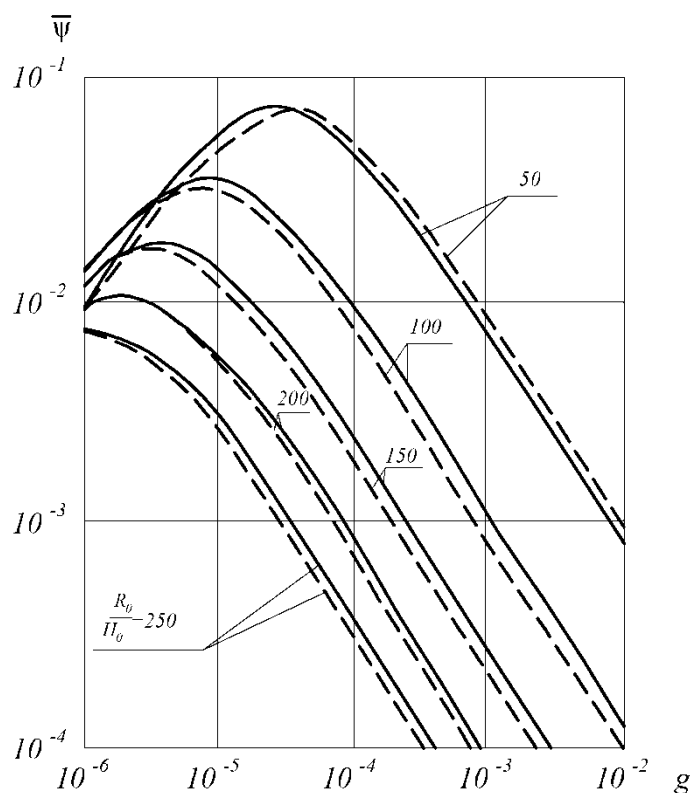


Рис. 2. Влияние кривизны на эффективность демпфирования

Из результатов численных исследований следует, что эффективность демпфирования панели и замкнутой оболочки существенно зависят от параметра сдвига g , относительной кривизны R_0/H_0 несущей оболочки и коэффициента армирования в покрытии. Увеличение относительной кривизны приводит к увеличению характеристики демпфирования. Максимальное демпфирование обеспечивается при коэффициенте армирования в покрытии $\alpha = 0,4...0,7$ в зависимости от значений параметра сдвига g .

Выводы

1. Проведен численный анализ влияния геометрических и физико-механических характеристик слоев на эффективность вибродемпфирования оболочек и панелей различной геометрии.

2. Установлено наличие оптимальных характеристик слоистой системы, обеспечивающих эффективное вибродемпфирование оболочек и панелей. В частности максимальное демпфирование в панелях и оболочках обеспечивается при коэффициентах армирования в многослойных покрытиях равных $0,4...0,7$ и их расположении на внутренних поверхностях несущих конструкций.

3. Разработанные математические модели, методы расчета и комплексы программ позволяют на ранних этапах проектирования теоретически моделировать динамику несущих конструкций различной формы и научно обоснованно принимать конструкторско-технологическое решение, обеспечивающие эффективность применения слоистых структур и вибродемпфирующих покрытий для повышения виброустойчивости конструктивных элементов изделий различного назначения.

Список литературы

1. Гадымов Г.П. Композиционные материалы в ракетно-космическом аппаратостроении / Г.П. Гадымов, Е.В. Мешков и др.: под общ. ред. Г.П. Гадымова. – СПб.: СпецЛит, 1999. – 271 с.

2. Литвинов А.Н. Методы расчета эффективности применения гетерогенных вибродемпфирующих покрытий для несущих конструкций сложной формы/ А. Н. Литвинов // Известия вузов Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – №4 – С.160-171.

3. Болотин В.В. Механика многослойных конструкций / В.В. Болотин, Ю.Н. Новичков. – М. : Машиностроение. – 1980. – 374 с.

4. Ферри Дж. Вязкоупругие свойства полимеров / Дж. Ферри. – М. : ИЛ, 1963. – 536 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

О.С. Логунова, И.И. Багаев, С.М. Логунов
*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»*

Аннотация. В работе представлен метод эффективной организации специализированного информационного обеспечения для системы автоматизированного управления технологическими процессами, позволяющий сохранять только информацию о ключевых элементах сложно структурированного изображения. При выполнении исследований введено понятие сложно структурированного изображения, включающего объект исследования и множество элементов, нарушающих его сплошность. Разработанный метод протестирован для изображений серного отпечатка непрерывно-литой заготовки. Исходные материалы получены в ходе пассивного эксперимента на машине непрерывного литья заготовок с криволинейного типа. Для проведения вычислительного эксперимента спроектирован и разработан программный продукт, позволяющий выполнить построение математического описания изображения и его восстановления. С использованием массива ретроспективной информации 2011-2018 года и разработанного программного продукта выполнена оценка эффективности представления графической информации. Средняя доля сохраняемой информации от исходного объема составляет 0,53 %.

Ключевые слова: *изображение, структура изображения, структурная единица информации, математическое описание, хранилище данных.*

MATHEMATICAL FORMULATION METHOD, AND SOFTWARE IMPLEMENTATION EFFECTIVE FOR ORGANIZATION OF INFORMATION SUPPORT FOR THE PROCESS CONTROL SYSTEM

O.S. Logunova, I.I. Bagaev, S.M. Logunov
Nosov Magnitogorsk State Technical University

Abstract. The paper presents a method for efficient organization of specialized information support for the automated process control system, which allows to save only information about key elements of a complexly structured image. The developed method was tested for images of sulphur print of continuous cast billets, in the conditions of a large metallurgical enterprise in Russia. The source materials were obtained during a passive experiment on a continuous casting machine with curvilinear type. An efficiency assessment of graphical information presentation in the form of a structural information unit without direct preservation of the image was performed using the array of retrospective information in 2011-2018 and the developed software product. The average share of the information saved from the initial volume is 0.53%.

Keywords: *image, image structure, structural information unit, mathematical description, data Storage.*

Введение

Современные технологии организации информационного обеспечения систем управления технологическими процессами и производствами требуют проектирования и разработки структуры базы и банков данных, а также альтернативных способов представления и хранения информации, в том числе и графической [1].

Для крупных предприятий количество записей в базе данных для сохранения параметров процессов насчитывает миллионы при количестве полей в каждой записи до 500 и более с объемом каждой записи до 15 000 МБ. Например, для одного из крупнейших металлургических предприятий Российской Федерации только по этапу непрерывной разливки стали за полный календарный 2017 год и шесть месяцев 2018 количество записей в Хранилище достигает 6211239 и в каждой записи 306 полей общим объемом 9180 МБ. Общий объем записей по всем переделам в Хранилище достигает 1 Экса Б.

Среди методов эффективной организации и ведения специализированного информационного обеспечения систем управления технологических процессами и производствами можно отметить [2-4]: оптимизацию структуры базы с учетом функциональных особенностей поисковых запросов по параметрам, характеризующих технологический процесс: пересмотр планов для запросов, перераспределения весовых категорий запросов, рефакторинг запросов, изменение структуры индексов, тонкая настройка планов для запросов; изменение состава и типа полей базы данных технологических параметров для повышения достоверности и полноты информации, характеризующих процесс: денормализация и нормализация база данных, добавление, удаление и изменений полей.

Если есть возможность хранить исходную информацию в меньшем размере (как минимум, на 30% меньше), то данные подлежат оптимизации.

Среди теоретических и практических разработок в области проектирования и разработки методов эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения для системы автоматизированного управления технологическими процессами, производствами и технологической подготовки производства представлены работы, в которых рассматриваются особенности построения информационного обеспечения АСУ ТП для потенциально опасных объектов [5].

Представление в Хранилище данных информации в графическом виде в настоящее время становится все более актуальным. Графическая информация дает полное представление о мгновенном или динамическом состоянии объекта. В современном мире активно разрабатываются как классические, так и новые алгоритмы обработки графической информации [6]. Несмотря на это графическая информация в рабочем пространстве Хранилища данных требует большого объема для ее сохранения и как правило исключается из набора сохраняемой информации.

Для условий использования графической информации возникает задача поиска компромисса при выборе набора и формы представления информации, которая предполагается для размещения в Хранилище данных. Наиболее популярной является траектория сохранения изображения при использовании алгоритмов сжатия [7-11]. Одно из усовершенствований алгоритма сжатия *JPEG* с потерями представлено в работе [11] и заключается в разделении объекта и фона изображения и использовании разных степеней компрессии для каждого в отдельности, что позволяет добиться повышения общего коэффициента сжатия графической информации и сохранения объекта

изображения в лучшем качестве, нежели качество фона. Приведенный в работе алгоритм основан на выделении наиболее информативных областей изображения, не имеющих равномерного распределения яркости внутри себя и замкнутых границ, очерчивающих объект. Среди менее распространенных методов сжатия с потерями также существует метод [8], основанный на разложении квазициклических компонент изображения по собственным векторам соответствующих субполосных матриц на основе вариационного субинтервального частотного анализа/синтеза. Довольно простой для понимания алгоритм сжатия с потерями описан в работе [9]. Каждому пикселю изображения ставится в однозначное соответствие пара X и Y из хаотично построенного числового ряда, полученного при помощи использования дискретного отображения Хенона. Авторы утверждают, что аннулированию без видимых потерь успешно подвергается до 70% площади изображения в зависимости от его фактуры. В работе [10, 11] представлен алгоритм сжатия изображений с адаптацией к структуре графической информации, в котором под адаптацией понимается процесс деления изображения на непересекающиеся фрагменты с учетом их информационной ценности или морфологической структуры.

Методы исследования

Предположим, что в ходе исследования технологического процесса получено изображение, на котором выделен объект исследования произвольной формы и нарушение его сплошности в виде более темных элементов нерегулярной формы (рис. 1а). Изображение такого вида будем называть сложноструктурированным.

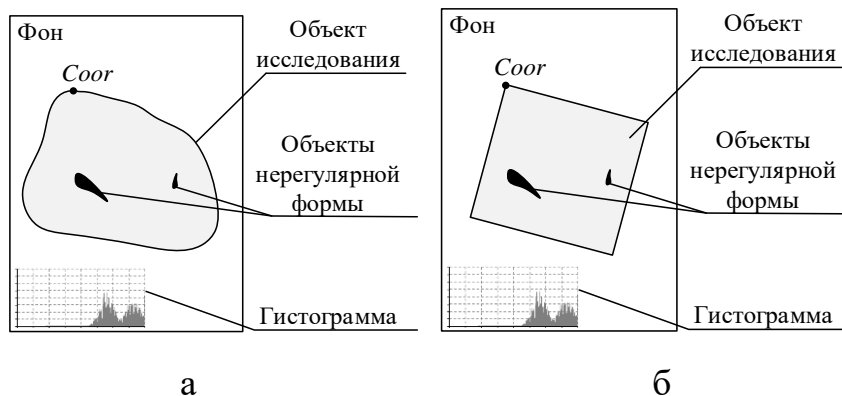


Рис. 1. Структура изображения: а – сложно структурированное изображение в общем виде; б – частный случай сложно структурированного изображения на примере серного отпечатка

Особенностями сложно структурированного изображения является: объект исследования ограничен и его границы описываются непрерывной функцией $\Gamma = \Gamma(x; y)$; объект исследования и элементы внутри него имеют нерегулярную форму; объект исследования на изображении и элементы внутри него имеют случайное расположение.

Упрощенным случаем сложно структурированного изображения можно считать сканированное изображение серного отпечатка непрерывнолитой заготовки квадратного сечения, на котором нарушения сплошности соответствуют образованию и развитию внутренних дефектов [12, 13 (рис. 1б)]. Учитывая, что отношение средней яркости фона и основного объекта исследования является различным для набора изображений, необходимо ввести характеристику или набор характеристик, на основе которых можно классифицировать отличия фона и объекта исследования.

Размер файла для сохранения изображения с сохранением полной информативности достигает 7 МБ. При проектировании базы данных для Хранилища рассматриваются способы размещения изображения традиционными способами (траектория 1 и 2) и предлагается новый способ (траектория 3), приведенными на рис. 2 по соответствующим траекториям.

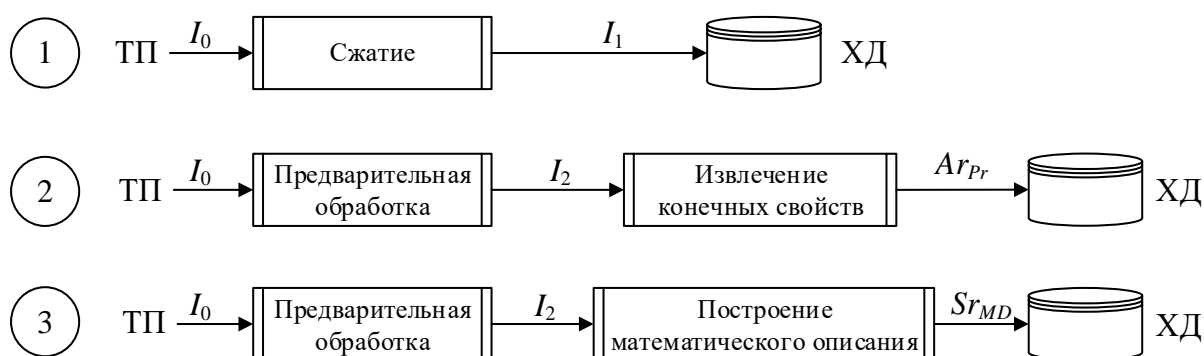


Рис. 2. Траектории размещения графической информации в Хранилище данных

На рисунке 2 введены обозначения: ТП – технологический процесс; ХД – Хранилище данных; I_0 – исходное изображение; I_1 – изображение после сжатия; I_2 – изображение после предварительной обработки; Ar_{Pr} – массив конечных оценок элементов сложно структурированного изображения; Sr_{MD} – структурная единица информации.

Траектория 1 описывает процесс размещения изображения в Хранилище после его сжатия с использованием стандартных алгоритмов [8-11]. Траектория 2 предполагает выполнение двух этапов: этап предварительной обработки изображения, включающий алгоритмы классической теории обработки изображения [6]. Новая траектория 3 предполагает выполнение двух этапов: этап предварительной обработки изображения аналогичен этапу в траектории 2; этап построения математического описания изображения по заранее определенной структуре для ключевых объектов изображения.

По результатам обобщения свойств характеризующих траектории размещения графической информации в Хранилище данных можно выдвинуть гипотезу о превосходстве способа представления изображения в виде математического описания.

Для описания метода рассмотрим сложно структурированное изображение и введем систему координат на его поверхности.

Согласно [13] каждому изображению можно поставить в соответствие класс по соотношению яркости фона и объекта исследования. Обозначим значение класса K_m , $m=1..M$, где m – номер класса, M – количество классов изображений рассматриваемой задачи.

Для описания метода рассмотрим сложно структурированное изображение и введем систему координат на его поверхности (рис. 3). Согласно [13] каждому изображению поставим в соответствие класс по соотношению яркости фона и объекта исследования. Обозначим значение класса K_m , $m=1..M$, где m – номер класса, M – количество классов изображений рассматриваемой задачи. Для математического описания гистограммы изображения достаточно структуры в виде линейного массива $G=(g_0, g_1, \dots, g_{255})$.

На поле изображения выделяется объект исследования, для математического описания которого необходимо представление координат начальной точки границы $A=A(x,y)$ и границы объекта в виде аналитической или табличной функции $\Gamma=\Gamma(x;y)$. Наличие границы исследуемого объекта позволяет сегментировать область для детализации элементов, определяющих нарушение сплошности. Указанные выше характеристики изображения формируют первую часть структуры математического описания изображения и включают поля: класс яркости, гистограмма яркости изображения, начальная точка объекта исследования и описание границы объекта исследования.

Сегментация изображения для объекта исследования выделяет внутри его границы массив элементов для описания нарушения сплошности $E=E(E_1, \dots, E_n)$ и каждый элемент является структурой, в которой сохраняются координаты начальной точки входа в область элемента и аналитическая или табличная функция границы каждого элемента $A_q=A_q(x_q; y_q)$ $q=1..n$, где n – количество элементов объекта исследования.

Учитывая, что в ходе технологического процесса формируется набор изображения для каждой единицы продукции или выборочно по продукции ответственного назначения формируется структурная единица информации, которая содержит структурированное поле математического описания изображения:

$$SR_{MDj} = SR_{MDj}(FI_j\{K_{jm}, G_j, A_j, \Gamma_j\}, OI_j\{|A_{jq}, \Gamma_{jq}|\}),$$

где j – идентификационный номер записи в Хранилище данных; FI – структурная единица информации для описания изображения в целом; OI – структурная единица информации для описания множества элементов внутри границы объекта исследования; q – номер элемента в поле объекта исследования, $q=1..n$; n – количество элементов нарушения сплошности объекта. Графическое представление структурной единицы информации данных приведена на рисунке 4.

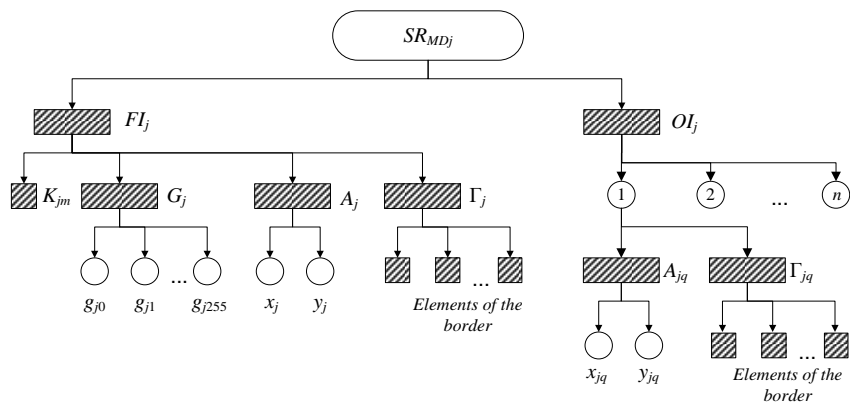


Рис. 4. Графическое представление структурной единицы информации для математического описания сложно структурированного изображения

На рисунке 5 приведен схема функционирования программного продукта для формирования математического описания.

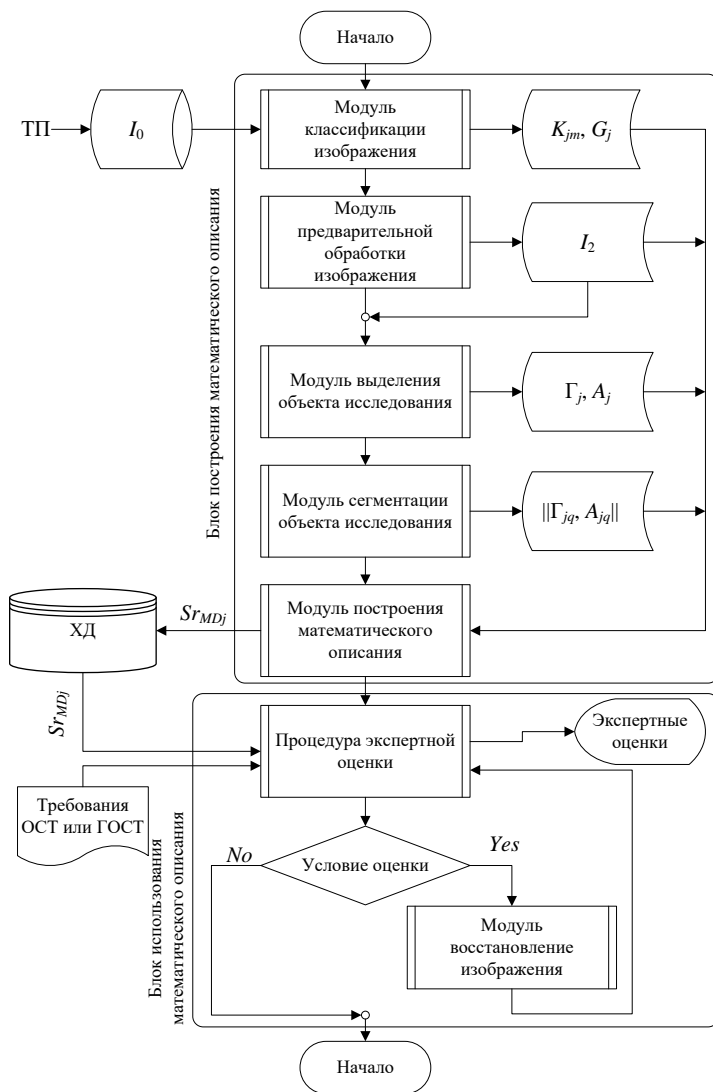


Рис. 5. Схема функционирования программного продукта для формирования и его использования для экспертной оценки нарушения сплошности объекта исследования на изображении

На рисунке 5 условие оценки определяет необходимость восстановления изображения для сопоставления экспертных оценок, полученных в автоматизированном режиме и при непосредственной визуальной оценке эксперта.

Результаты исследования

Одной из задач, которая решена с использованием теории сегментации сложно структурированного изображения является задача о сохранении рабочего пространства, занимаемого изображением, в корпоративном Хранилище с информацией о качестве непрерывнолитой заготовки при построении системы управления технологическим процессом непрерывной разливки стали с обратной связью [14,15].

В качестве исходных данных выбраны серые отпечатки поперечного сечения непрерывно-литой заготовки. На рис. 6 приведены типовые изображения, которые относятся к разным классам. Общий объем тестируемой базы составил – 110 изображений за период с 2011 по 2018 год. На каждом изображении представлен объект исследования в виде фигуры близкой по форме к квадрату.

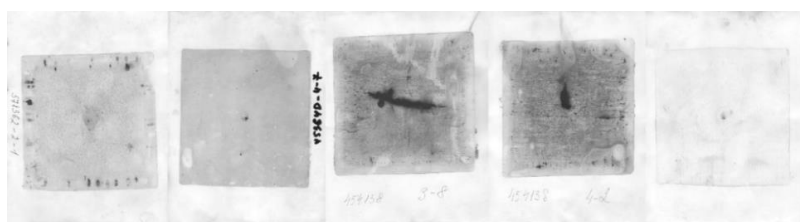


Рис. 6. Набор изображений для тестовой оценки работы программного обеспечения

Программный продукт позволяет загрузить изображение I_0 , выполнить его преобразование и получить изображение I_2 . Для изображения I_2 строится перечень сегментированных элементов и математическое описание изображения для сохранения в Хранилище (рис. 7).

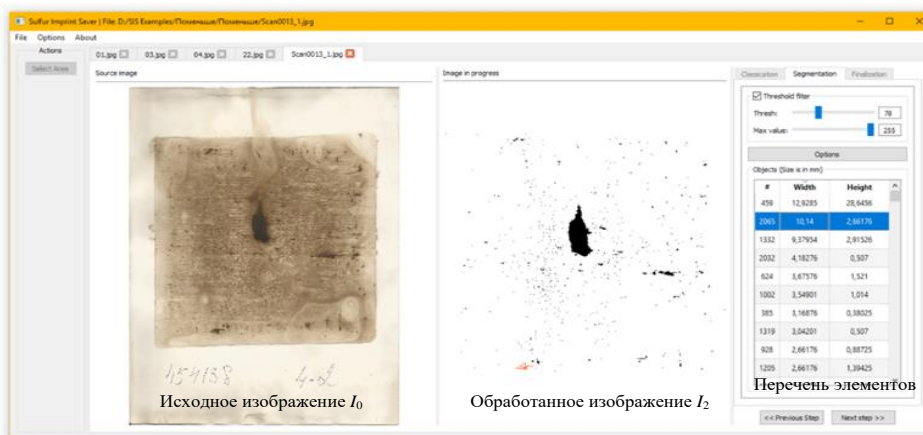


Рис. 7. Внешний вид рабочего окна программного продукта

Для каждого из приведенных изображений выполнен расчет дисперсии с восстановленным изображением и коэффициент сжатия стандартными методами. Результаты вычислительного эксперимента с усредненными характеристиками показали сокращение размера изображения до 0,53%.

Выводы

1. Предложен метод сохранения ключевых показателей сложно структурированного изображения, отличающийся от ранее известных тем, что в Хранилище размещается математическое описание структуры изображения, включающее информацию о структуре основного объекта исследования и структуре об элементах объекта, находящихся внутри него.

2. Согласно функциональной схеме реализован программный продукт, который позволил доказать эффективность сохранения в корпоративном Хранилище только математического описания изображения на примере оценки качества непрерывно-литой заготовки.

Список литературы

1. Logunova, O.S. Computerized quality estimates of continuous-cast billet / O.S. Logunova, D.K. K.K. Devyatov, Nurov // *Steel in Translation*. 2005. Т. 35. № 9. С. 36-42.

2. Tow, D. *SQL Tuning: Generating Optimal Execution Plans* / D. Tow. O'Reilly Media, Inc. 2003. 338 с.

3. Codd, E.F. Normalized data base structure: a brief tutorial / E.F.Codd. / *Proc. San Diego, Calif.*, 1971. – pp. 1-18/

4. Особенности обеспечения информационной безопасности АСУ ТП потенциально опасных объектов / М.Ю. Синещук // *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2015. Т. 2. № 1 (6). С. 49-51.

5. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

6. Foody, G. A relative Evaluation of MultiClass Image Classification by Support Vector Machines / G. Foody // *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*. – 2004. – Vol. 42, iss. 6. – P. 1335-1343.

7. Иванов, В.Г. Сокращение содержательной избыточности изображений на основе классификации объектов и фона [Текст] / В.Г. Иванов, М.Г. Любарский, Ю.В. Ломоносов // *Проблемы управления и информатики*. – 2007. – № 3. – С. 93-102.

8. Жилияков, Е. Г. Метод сжатия изображений, основанный на разложении квазициклических компонент изображения по собственным векторам соответствующих субполосных матриц [Текст] / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, В.А. Голощапова // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология*. – 2011. – №13-1 (108). С. 191-195.

9. Гора, С. Ю. Метод и инструментальные средства решения задачи сжатия изображений с использованием механизмов хаотической динамики [Текст] / С.

Ю. Гора, В. М. Довгаль // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2012. – №4-2 (24). – С. 25-28.

10. Сулема, Е.С. Адаптивный способ сжатия изображений [Текст] / Самира Эбрахими Кахоу, Е.С. Сулема // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки». – 2010. – №2. – С. 125-131.

11. Посохов, И.А. Визуализация и обработка информации о качестве непрерывнолитой заготовки // Электротехнические системы и комплексы. 2016. № 2 (31). С. 35-43.

12. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes / Logunova O.S. and all/ // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2014. – Т. 74. – № 9-12. – С. 1407-1418.

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГОЛОВОЛОМКИ ПО РАССТАНОВКЕ ЗНАКОВ ОПЕРАЦИЙ

О.С. Логунова, Н.С. Сибилева, А.В. Охотниченко

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И.Носова*

Аннотация. В качестве предмета исследования выбрана математическая головоломка «Расстановка знаков операций и скобок для получения равенства». Целью исследования является классификация головоломок и области их применения, а также нахождение одного из оптимальных по времени поиска решений рассматриваемой головоломки. В данной работе представлена формулировка головоломки, программная реализация, алгоритм решения головоломки для произвольных левой и правой частей выражения, алгоритм решения головоломки для произвольной левой и неизменяемой правой частями выражения, а также проведен сравнительный анализ вычислительной сложности алгоритмов. Полученные алгоритмы позволяют находить решения для произвольной левой части выражения длиной до 10 цифр и константной правой или произвольной левой и правой частей длиной до 6 цифр без значительных затрат времени.

Ключевые слова: классификация головоломок, сложность алгоритма, математическая головоломка, лексический анализатор, расстановка знаков операций.

ALGORITHMIC DIFFICULTY OF ANALYZERS FOR THE SOLUTION OF A MATHEMATICAL PUZZLE FOR RESTORING SIGNS OF OPERATIONS

O.S. Logunova, N.S. Sibileva, A.V. Okhotnichenko

Nosov Magnitogorsk State Technical University

Abstract. The math puzzle «Arrangement of operation signs and brackets for equality» was chosen as the subject of study. The purpose of the study is to classify the puzzles and their areas of application, as well as to find one of the time-optimal searches for solutions to the question of puzzle. This paper presents the formation of the puzzle, the software implementation, the algorithm for solving the puzzle for random left and right parts of the expression, the algorithm for solving the puzzle for random left and immutable right parts of the expression, and a comparative analysis of the computational complexity of the algorithms. The obtained algorithms make it possible to find solutions for an random left-hand side of an expression up to 10 digits long and a constant right or random left and right-hand portions up to 6 digits long without a significant investment of time.

Keywords: *classification of puzzles, algorithm complexity, math puzzle, lexical analyzer, arrangement of operation symbols.*

Введение

Головоломка - специально подобранная задача, для решения которой требуются сообразительность и знания в соответствующей области [1].

На рис. 1 представлена классификация математических головоломок.

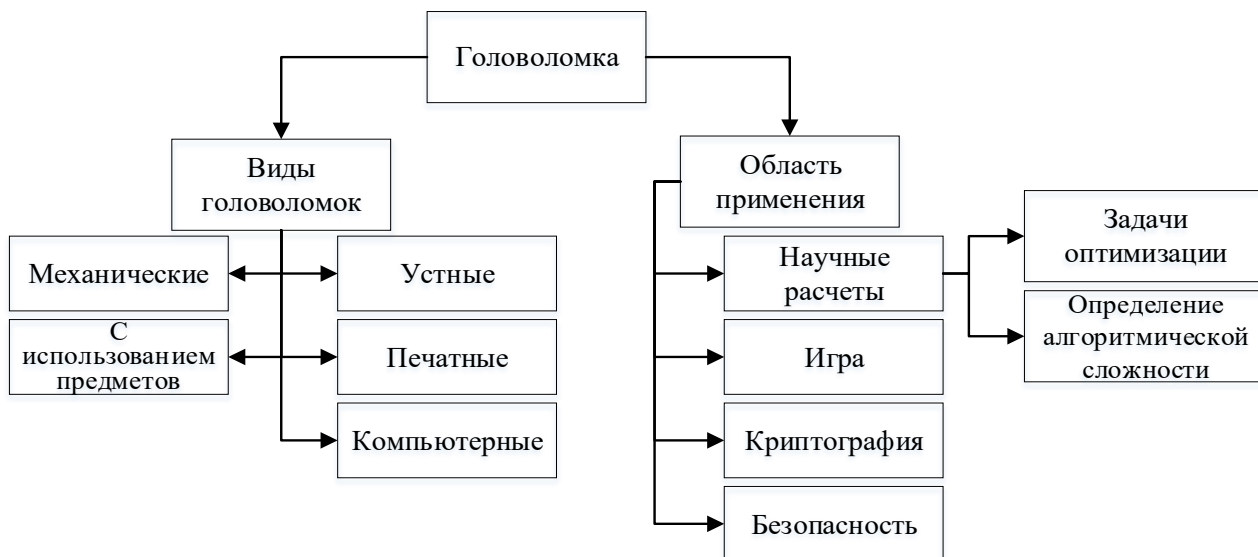


Рис. 1. Классификация математических головоломок

1. Устные головоломки - задачи, полное условие которых может быть сообщено в устной форме, не требующие для решения привлечения никаких дополнительных предметов (загадки, шарады).

2. Головоломки с предметами - логические задачи с обычными бытовыми предметами (головоломки со спичками, карточные головоломки).

3. Печатные головоломки - напечатанные или нарисованные «картинки», в которых надо нарисовать какие-то символы по определенным правилам (кроссворд, sudoku).

4. Компьютерные головоломки – задачи, для решения которых требуется использование ресурсов компьютера (задача о параллельном жаренье бифштексов, задача о расшифровке строки).

5. Механические головоломки - предметы, специально изготовленные как головоломки (кубик Рубика, ханойская башня).

В данной работе рассмотрен такой вид головоломки как компьютерный.

Компьютерная головоломка требует получения решения, использования определенного алгоритма. В статьях [2-5] авторы рассматривают алгоритмы решения головоломок, а также необходимость головоломок в работе программиста.

В основе создания новых алгоритмов лежат улучшения, позволяющие ускорить получение результата. Например, в статье [6] авторы сравнивают алгоритмы параллельного программирования для решения компьютерной

головоломки, в статье [7] обсуждается рекурсивный алгоритм, помогающий в упрощенной форме запрограммировать решение головоломки, а в статье [8] головоломка решается графически.

В данной работе будет рассмотрена одна из них, а именно расстановка знаков операций и скобок для получения равенства.

Постановка задачи математической головоломки.

Условие задачи: Необходимо реализовать расстановку знаков операций и скобок во входной строке для получения равенства между правой и левой частями выражения.

В качестве исходных данных на вход программе подается строка, имеющая определенный формат:

1. Последовательность целых чисел – набор чисел, из которого составляется выражение.

2. Знак равенства или сравнения – один из следующих знаков (\leq , \geq , $=$, $<$, $>$) определяет зависимость между двумя последовательностями целых чисел.

3. Последовательность целых чисел – число, являющееся ответом, или набор чисел, из которого составляется выражение.

В качестве результата программой выдается строка, в которой последовательности чисел и знаков операций заключены в скобки в случае необходимости для получения равенства между частями выражения.

Пример входных и выходных данных представлен на рис. 2, схема функционирования программного продукта представлена на рис. 3.

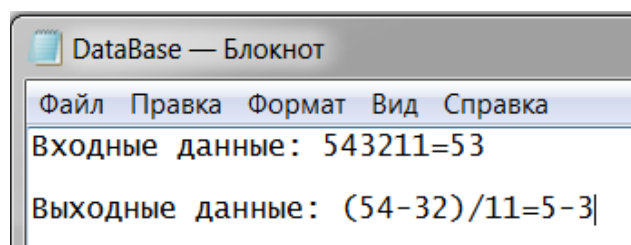


Рис. 2. Пример входных и выходных данных



Рис. 3. Схема функционирования программного продукта

Должен быть приведен алгоритм решения в виде блок-схемы. Если решение может быть получено посредством нескольких возможных комбинаций, программа выводит первую найденную комбинацию скобок, математических операций и целых чисел. Если комбинаций не существует, программа выводит сообщение об ошибке.

Практическая реализация математической головоломки. Основные сведения о программной реализации головоломки.

В качестве языка программирования выбран язык Java [9, 10]. Программа разделена на 5 модулей:

1. Графическая оболочка.
2. Математический аппарат.
3. Анализатор строк.
4. Генератор последовательности скобок и знаков операций.
5. Модуль чтения/записи из текстового файла.

Схема взаимодействия модулей представлена на рис. 4.

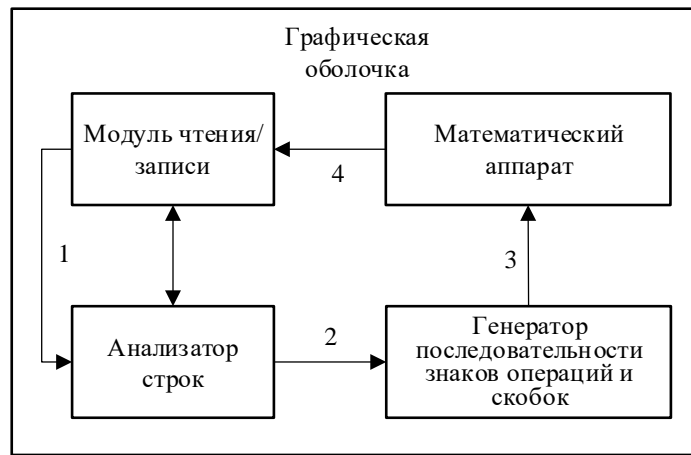


Рис. 4. Схема взаимодействия модулей

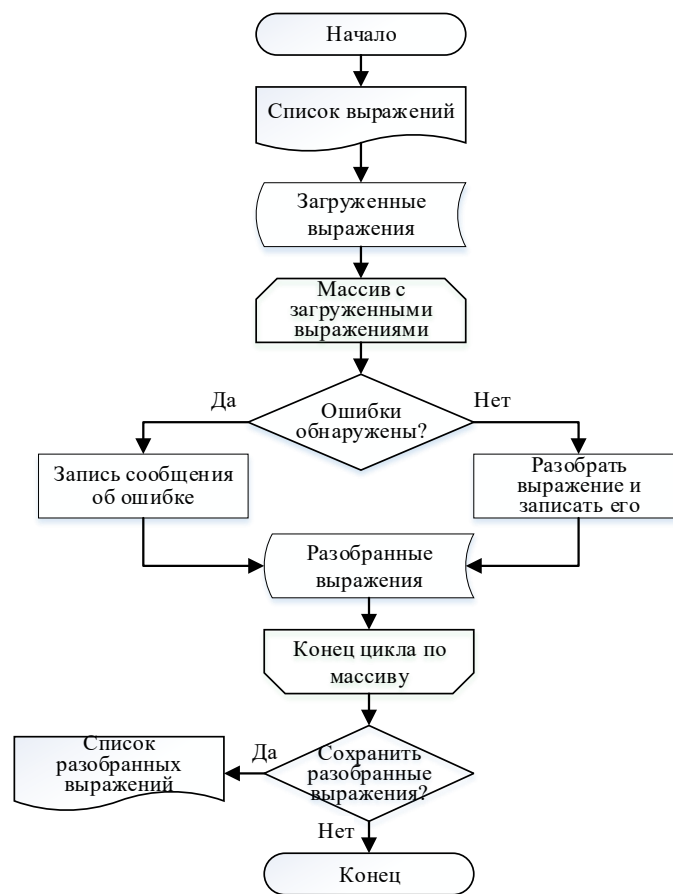


Рис. 5. Блок-схема работы программного продукта

Взаимодействие модулей реализовано последовательно. Графическая оболочка может запустить или анализатор строк, или модуль чтения/записи. Блок-схема работы программы представлена на рис. 5.

Для хранения данных используются статические и динамические массивы, структура которых представлена на рис. 6.

Индекс элемента массива	0	1	...	n
Значение элемента массива	String	String	...	String

Рис. 6. Схема хранения данных

Для хранения исходных данных используется статический массив, позволяющий хранить строки. После анализа входная строка разбивается на смысловые блоки, и каждый ее элемент помещается в массив.

Вычислительная сложность алгоритма получения равенства.

В программе предусмотрено два случая нахождения равенства:

- 1) выражения слева произвольное, а справа неизменяемое;
- 2) выражения слева и справа произвольные.

Рассмотрим первый случай, когда правая часть выражения неизменяемая.

Пусть строка цифр в левой части имеет длину n .

1. Разобьем всеми возможными способами строку на числа. То есть получаем от 1 до n чисел. Количество вариантов разбиения строки из n цифр на m чисел представлено в (1):

$$N_1 = \sum_{m=1}^n \frac{(n-1)!}{(n-m)! * (m-1)!} \quad (1)$$

2. Так как в условии задачи сказано про скобки, операции могут выполняться в разном порядке. Для указания порядка операций по каждому массиву из m чисел можно построить бинарное дерево, представленное на рис. 7, используя элементы массива как листья. Каждое дерево будет содержать $m-1$ вершину. Количество таких деревьев (число Каталана) (2):

$$N_2 = \frac{(2m-2)!}{m! * (m-1)!} \quad (2)$$

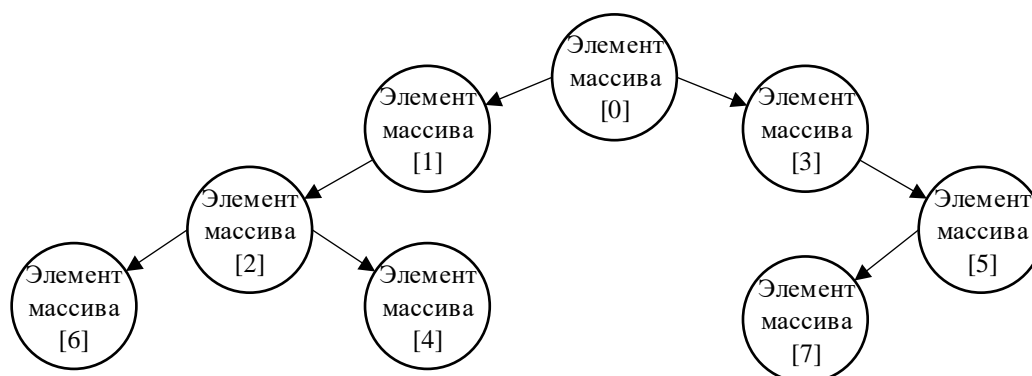


Рис. 7. Бинарное дерево

3. Каждая из вершин задаёт одну из математических операций (+, -, *, /). Таким образом, количество возможных формул для одного дерева (3):

$$N_3 = 4^{m-1}. \quad (3)$$

Итого вариантов (4):

$$N = \sum_{m=1}^n \left(\frac{(n-1)! * (2m-2)!}{(n-m)! * (m-1)! * (m-1)! * m!} * 4^{m-1} \right). \quad (4)$$

Количество вариантов комбинаций для получения равенства в первом случае (часть из них окажется дублями или математически неверными из-за деления на 0) представлено на рисунке 8.



Рис. 8. Максимальные затраты на вычисление выражения

Исходя из рисунка, можно сделать вывод, что максимальное затраченное время для получения верного равенства при $n = 10$ для среднестатистического компьютера равняется ≈ 393 секунды, если принять вычислительную мощность компьютера равную 0,1 терафлопс ($0.1 * 10^{12}$ операций с плавающей запятой в секунду).

Рассмотрим второй случай, когда выражение справа от знака неравенства/равенства не является константой. Так как обе части произвольные, значит правая часть выражения также вычисляется по формуле (4). Следовательно, вычислительная сложность равна $O(n_1, n_2)$ и вычисляется по (5)

$$N = \sum_{m=1}^{n_1} \left(\frac{(n_1-1)! * (2m-2)!}{(n_1-m)! * (m-1)! * (m-1)! * m!} * 4^{m-1} \right) * \sum_{m=1}^{n_2} \left(\frac{(n_2-1)! * (2m-2)!}{(n_2-m)! * (m-1)! * (m-1)! * m!} * 4^{m-1} \right), \quad (5)$$

где n_1 – длина строки слева от знака операции, n_2 – длина строки справа.

Количество вариантов комбинаций для получения равенства для второго случая (часть из них окажется дублями или математически неверными из-за деления на 0) представлено на рисунке 9.

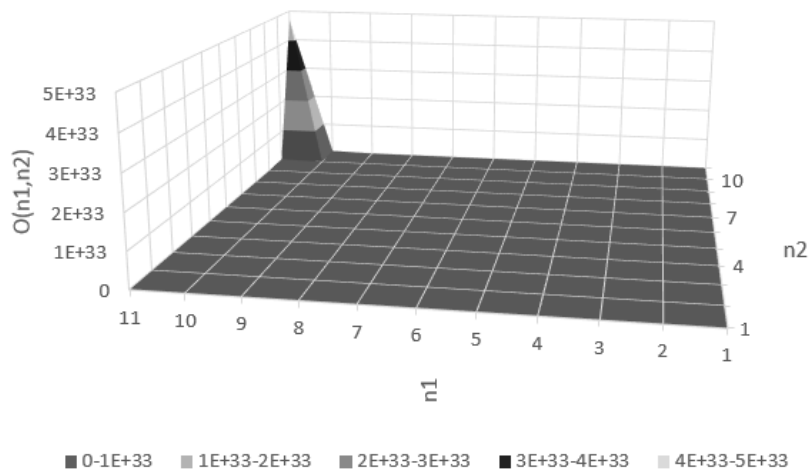


Рис. 9. Максимальные затраты на вычисление выражения

На пересечении строк и столбцов представлено максимальное количество вариантов комбинаций для получения равенства, где строки – n_1 , столбцы – n_2 .

Организация работы программы.

На рис. 10 показан следующий вид программы:

1. Элемент меню «Файл» содержит 3 пункта: «Загрузить данные» (из текстового файла), «Сохранить данные» (в текстовый файл) и «Выход».
2. Элемент меню «Настройки» содержит пункт «Справа константа». Данный пункт отвечает за вариант вычисления выражения для приведения к верному равенству (Без галочки – выражения справа от знака произвольное, с галочкой – выражения справа неизменяемо).
3. Элемент меню «Помощь» содержит пункт «О программе», в нем содержатся сведения о авторе программы.
4. Элемент предназначен для ввода выражения.
5. Элемент предназначен для отображения введенных пользователем вручную или посредством загрузки с текстового файла выражений.
6. Элемент предназначен для запуска механизма приведения введенного выражения к верному равенству.
7. Элемент предназначен для отображения полученных программой равенств.

На рисунке 11 показана работа программы с произвольной правой частью.

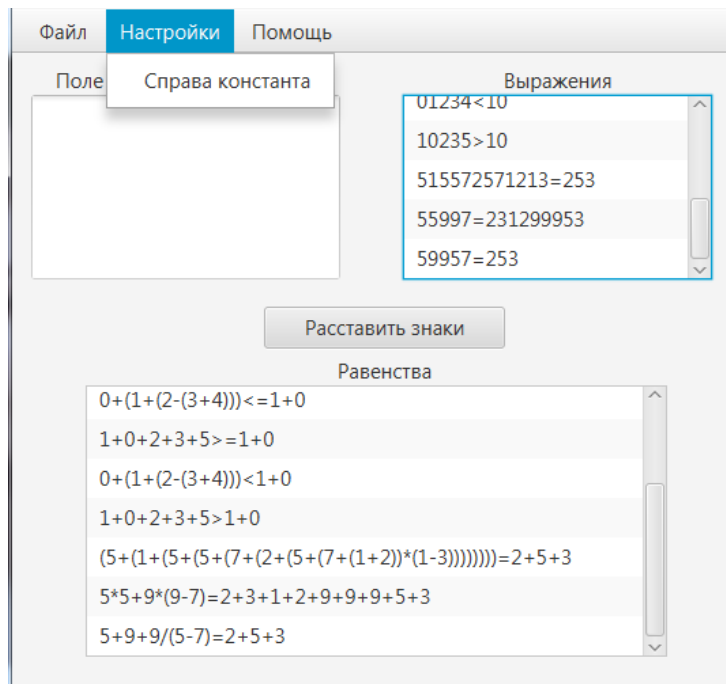


Рис. 11. Вид окна программы при решении способом 1

На рисунке 12 представлена работа программы с константным выражением справа.

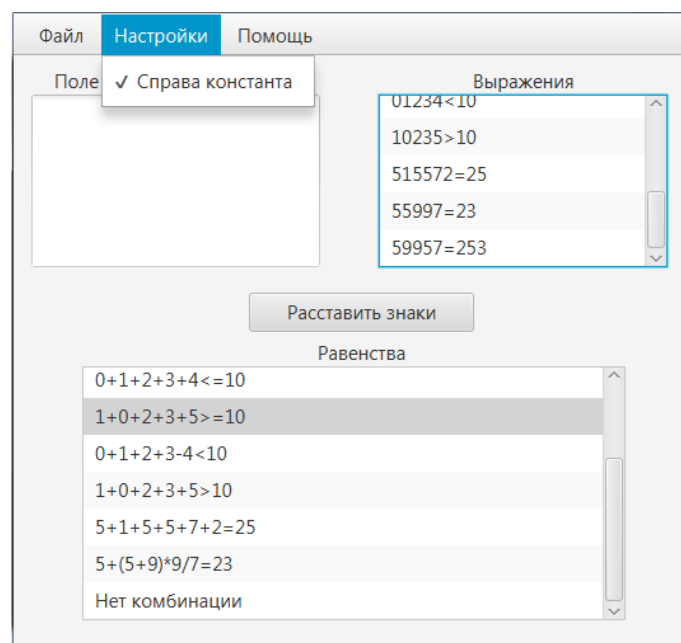


Рис. 12. Вид окна программы при решении способом 2

Заключение

В данной работе сформулировано условие математической головоломки «Расстановка знаков операций и скобок для получения равенства».

Рассмотренные сведения о программной реализации головоломки позволят в дальнейшем упростить модернизацию программы, возможно ускорение решения при помощи параллельных вычислений.

При рассмотрении вычислительной сложности полученного алгоритма можно прийти к выводу, что он позволяет решать выражения с неизменяемой правой частью и левой частью длины $n = [1,10]$, а также выражения с произвольной правой частью длины $n2 = [1,6]$ и левой частью длины $n1 = [1,6]$ без значительных затрат по времени.

Список литературы

1. Ефремова, Т. Ф. Современный толковый словарь русского языка: В 3 т. — М. : АСТ, Астрель, Харвест, 2005. – 2006. – 3.
2. Боргардт, А. А. Применение мультиэвристического подхода при алгоритмизации решения головоломок [Текст] / А. А. Боргардт, А. М. Лысенко, Б. Ф. Мельников // Вектор науки тольяттинского государственного университета. – 2012. – №4(22). – С. 28-32.
3. Чернышова, Н. Н. Головоломка Судоку: математическая основа и алгоритмы решения [Текст] / Н. Н. Чернышова, И. А. Фомина // Приволжский научный журнал. – 2015. – №3(35). – С. 128-134.
4. Шилов, Н. В. Головоломки для IT-шников? [Текст] / Н. В. Шилов, С. О. Шилова // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2010. – №6. – С. 352-359.
5. Разборов, А.А. О сложности вычислений // А.А. Разборов. – Математическое просвещение. – МЦНМО, 1999. – № 3. – С. 127-141.
6. Шилов, Н. В. Параллельное программирование среди других парадигм программирования [Текст] / Н. В. Шилов, Л. В. Городняя, А. Г. Марчук // Прикладная информатика. – 2011. – №1(31). – С. 120-129.
7. Нгуен, Б.Х. Рекурсивный алгоритм [Текст] / Б. Х. Нгуен, Д. Ч. Нгуен, Н. Х. Нгуен, Т. Л. Лай, Ч. Л. Нгуен, М. Д. Буй // СИНЕРГИЯ НАУК. – 2017. – №7. – С. 234-240.
8. Дубровский, В.Н. 1С: Математический конструктор новая программа динамической геометрии [Текст] / В. Н. Дубровский, Н. А. Лебедева, О. А. Белайчук // Компьютерные инструменты в образовании. – 2007. №3. С. 47-56.
9. Охотниченко, А.В. Проектирование лексического анализатора для интерактивного конструктора задачи многокритериальной оптимизации / А.В. Охотниченко, Н.С. Сибилева // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 40.
10. Охотниченко, А.В. К вопросу о необходимости разработки лексического анализатора как инструмента ввода формализованной информации / А.В. Охотниченко, Н.С. Сибилева // Ab ovo (С самого начала...). Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2017. – С. 116-118.

УДК 502: 911.2; 504.54:911.52; 519.876

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ДОШКОЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А.А. Маклакова

Вологодский государственный университет

Аннотация. Данная статья содержит описание разработанной аналитической системы, предназначенной для проведения педагогической диагностики в дошкольной образовательной организации. В тексте рассматривается основной функционал и интерфейс. Также приводятся документы, на основе которых была спроектирована система. Описанный программный продукт позволяет оценить качество современного дошкольного образования, повысить эффективность работы с воспитанниками и облегчить работу для воспитателей дошкольной образовательной организации.

Ключевые слова: *система, диагностика, педагогический процесс, образовательный маршрут, стандарт, дошкольная образовательная организация.*

ANALYTIC SYSTEM OF PEDAGOGICAL PROCESS IN PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATION

A.A. Maklakova

Vologda state University

Abstract. This article describes analytic system for execution diagnostic of pedagogical process in preschool educational organization. Functionality and interface are considered in this text. Normative documents and standards are given. The software product allows to estimate quality of modern preschool education. The system provides increase of efficiency of work with pupils. The work of teachers in preschool educational organization becomes easier.

Keywords: *system, diagnostic, pedagogical process, educational route, standard, preschool educational organization.*

Одно из первых наиболее важных мест в современном образовании занимает использование информационных технологий. Дошкольное образование не исключение. Тенденция внедрения современных средств хранения и обработки информации позволяет повысить качество педагогического процесса[1].

В соответствии с существующим в России Федеральным государственным образовательным стандартом дошкольного образования (приказ Министерства образования и науки № 1155 от 17 октября 2013 года) для оценки качества образования в дошкольной образовательной организации (детском саду) используется особый инструмент – диагностика педагогического процесса[2].

Такой процесс напрямую связан с оценкой навыков и умений воспитанников по нескольким образовательным областям, каждая из которых содержит определенные критерии.

Данная система оценки позволяет комплексно оценить качество образования.

Диагностика педагогического процесса проходит два раза в год и отнимает у воспитателей большое количество рабочего времени.

Технология диагностики включает этап выставление воспитанникам баллов, по которым затем считается итоговый показатель по каждому ребенку, и подсчет итоговых показателей по группе.

Итогом работы является построение индивидуального образовательного маршрута для каждого воспитанника.

Описанная ниже аналитическая система является новым инструментарием для хранения и обработки результатов педагогической диагностики.

Актуальностью создания системы является то, что на данный момент не существует специализированного программного обеспечения для такого процесса в дошкольной образовательной организации. Проведение самой диагностики и построение образовательного маршрута занимает значительное количество времени. Система позволит облегчить работу воспитателей, получить готовую образовательную траекторию.

Данная система имеет клиент-серверную архитектуру (Рис.1.).



Рис. 1. Структурная схема системы

Для реализации использовались Qt Creator и СУБД MySQL. Клиентское приложение реализовано на языке C++, который широко используется для разработки программных продуктов.

Функционал системы позволяет:

- Хранить основную информацию о воспитанниках (ФИО, дата рождения, группа и т.д.);
- Добавлять, хранить и обрабатывать результаты диагностики;
- Формировать отчеты о проведения диагностики педагогического процесса;
- Строить образовательные маршруты на основе банка заданий;
- Предоставлять для воспитателей справочную информацию о заданиях и упражнениях.

Клиентское приложение состоит из 6 вкладок. Рассмотрим некоторые из них.

Вкладка «Диагностика» позволяет вносить и просматривать результаты диагностики. Ее основу составляют две рабочие области, представленные на рисунке 2. Здесь размещены компоненты, которые позволяют выбрать ребенка, критерии, поставить необходимый балл и дату, а также позволяет просмотреть результаты диагностики, внесенные ранее.

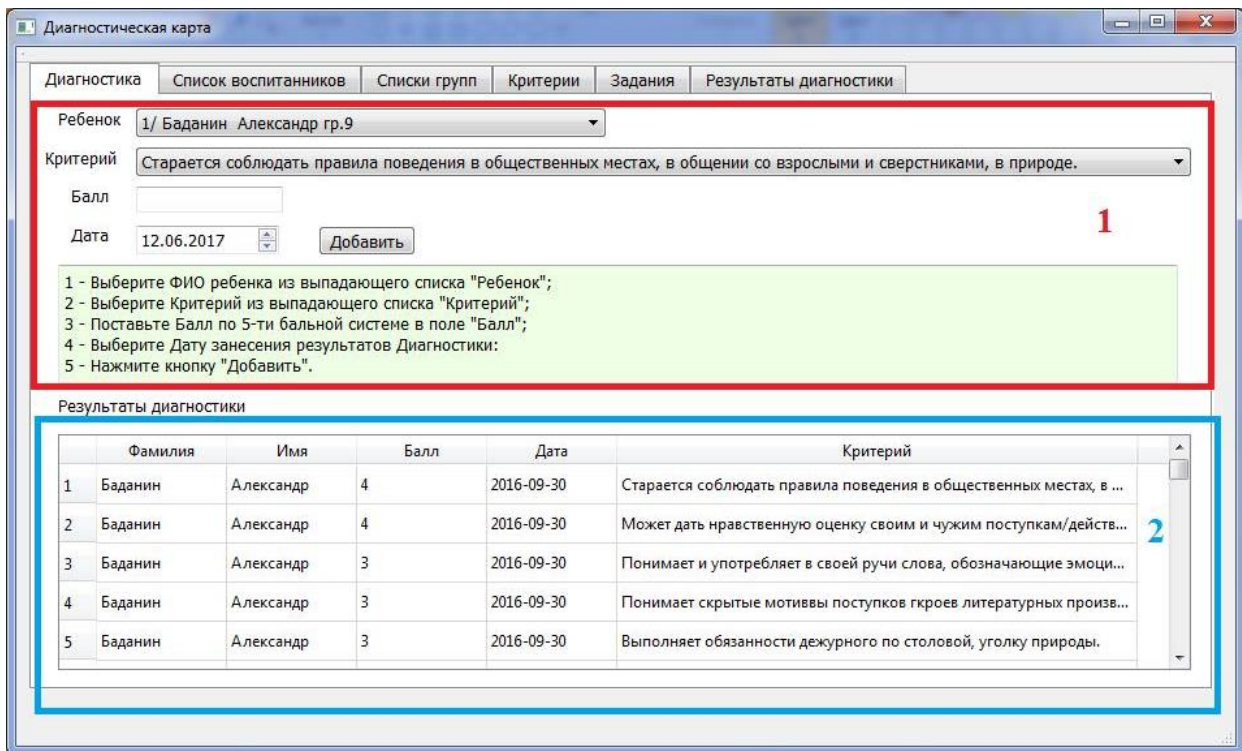


Рис. 2. Вкладка «Диагностика»

Вкладка «Результаты диагностики» предназначена для формирования диагностической карты, являющейся отчетной формой в дошкольной образовательной организации (Рис.3).

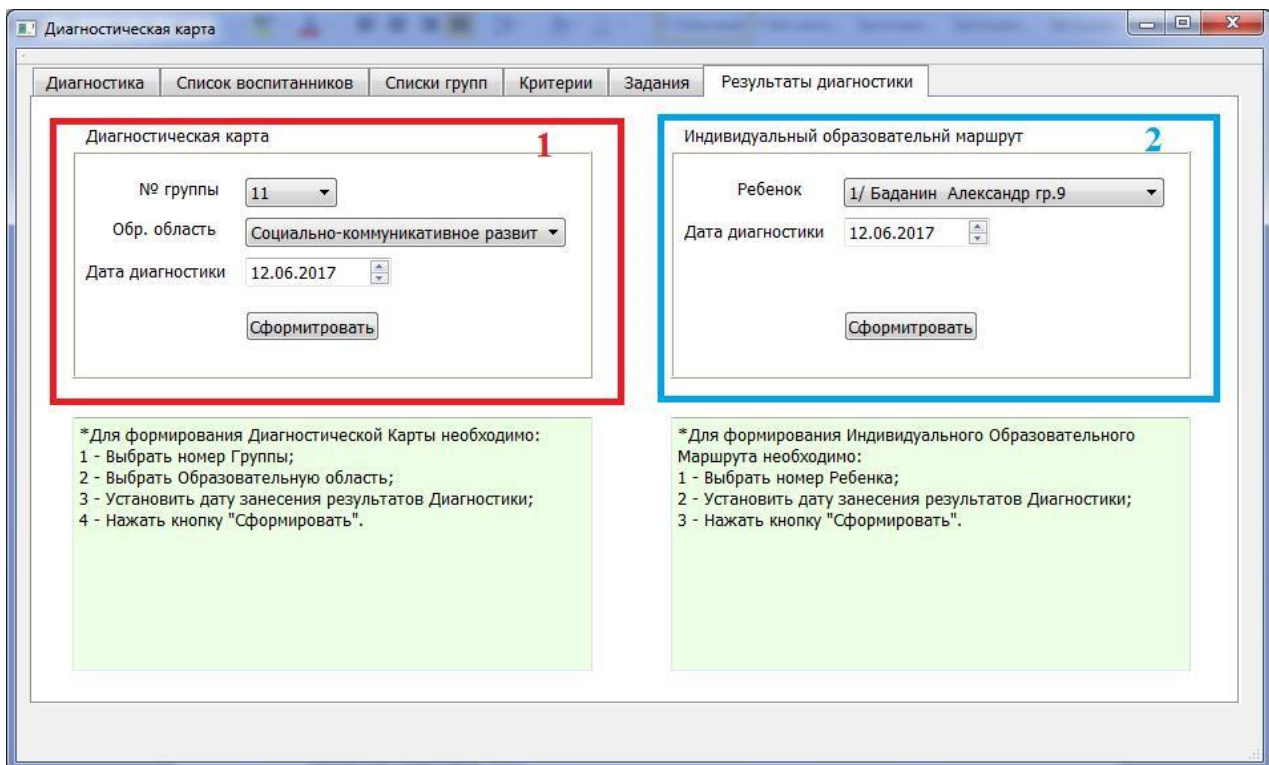


Рис. 3. Вкладка «Результаты диагностики»

Также здесь происходит построение индивидуальных образовательных маршрутов воспитанников на основе результатов диагностики. Воспитатель выбирает воспитанника и указывает дату, от которой строится образовательная траектория.

Возможности системы были протестированы на основе реальных данных, предоставленных детским садом комбинированного вида № 77 «Земляничка». Полученные результаты соответствуют поставленным в ходе проектирования требованиям.

В ходе тестирования были следующие выводы:

- Система не нарушает целостности хранимых данных;
- Реализованный функционал работает корректно;
- Все данные отображаются правильно;
- Реализованная схема базы данных полностью подходит для работы с данными с помощью получившегося набора функционала.

При детальном рассмотрении процесса построения индивидуального образовательного маршрута воспитанника было принято решение изменить алгоритм работы данного функционала.

На предварительном этапе доработки были введен автоматизированный расчет эффективности упражнений с помощью функционала СУБД. Была реализована процедура, использующая для вычислений данные педагогической диагностики предыдущих лет. Но в процессе тестирования выяснилось, что данных изменений недостаточно для построения более эффективного образовательного маршрута.

На данном этапе доработки функционала системы было принято решение использовать для построения образовательной траектории генетический алгоритм, часто используемый для решения задач оптимизации. Это позволит получить более эффективный для работ с воспитанниками продукт работы системы – индивидуальный образовательный маршрут.

В целом, разработанная система отражает большинство тенденций современного образования. Позволяет педагогу экономить время на обработку данных и построение образовательных маршрутов.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что данная система сможет в дальнейшем повысить уровень эффективности педагогического процесса в дошкольной образовательной организации.

Список литературы

1. Шоакбарова, С.И. Конспекты психолого-педагогических развивающих занятий для дошкольников//С.И. Шоакбарова – СПб.: ООО «Издательство «ДЕТСТВО-ПРЕСС», 2013. – 64 с.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования: приказ Министерства образования и науки – 17 октября 2013 года – № 1155.

НОВЫЕ МЕТОДЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИКЕ ПРИ НЕТОЧНЫХ ОЦЕНКАХ ЭКСПЕРТОВ

Н.В. Меламед¹, В.А. Соколова¹, С.А. Войнаш²

¹*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С.М. Кирова*

²*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО “Алтайский
государственный технический университет им.И.И. Ползунова”*

Аннотация. В статье предлагается новый метод принятия многокритериального решения, обобщающий известный метод анализа иерархий (МАИ) при условии, что эксперты сравнивают не отдельные альтернативы, а их группы. При таком экспертном оценивании применение стандартного МАИ не представляется возможным. Поэтому новый метод является обобщением и модификацией МАИ, в котором экспертные оценки обрабатываются с использованием аппарата теории Демпстера-Шейфера, или теории свидетельств.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, Теория Демпстера-Шейфера, линейное программирование, логистика.

NEW METHODS OF MULTI-CRITERIA DECISION MAKING BY INCOMPLETE PREFERENCES EXPERT IN LOGISTICS

N.V. Melamed¹, V.A. Sokolova¹, S.A. Voinash²

¹*Saint Petersburg state forest technical university*

²*Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University*

Abstract. A new multi-criteria decision making method is proposed in the paper. It generalizes the well-known analytic hierarchy process (AHP) under condition that experts compare not only single decision alternatives, but their groups. In this case, the standard AHP can not be used. Therefore, the proposed method is some generalization and modification of AHP where the expert estimates are processed by using Dempster-Shafer theory or evidence theory.

Keywords: analytic hierarchy process, Dempster-Shafer theory, linear programming, logistics.

Процесс принятия решений в логистике подразумевает принятие решений на нескольких уровнях (стратегический, организационный и оперативный уровни решений). *Стратегические решения* касаются проблем фундаментального характера. Они составляют часть стратегического плана, в котором деятельность фирмы планируется на относительно длительный срок (более чем на три года). Примерами стратегических решений являются: 1) определение конфигурации цепочки поставок (состав участников и их координация); местонахождения и выбора поставщиков, определение технологий перевозок для реализации транспортных услуг. На следующем, более низком, *организационном уровне* решения касаются организации производства и рынка. Они охватывают период от одного до трех лет. Выбор способа отгрузки, вида транспорта и уровня обслуживания потребителей – примеры компромиссов данного уровня. На *оперативном уровне* компромиссы достигаются принятием решений по детализации организационных планов.

Такие решения реализуются в короткий срок, максимальный временной горизонт которого равен одному году. Вопросы принятия решений на оперативном уровне возникают в повседневной деятельности. К ним относятся, например, выбор размера партии груза, видов тары, скидки с объема заказа и т.д.

Все перечисленные задачи принятия решений являются многокритериальными. Например, *задача выбора поставщика*. Выбор поставщика можно определить как процесс поиска и отбора предприятием потенциальных поставщиков, их оценки по различным критериям и окончательного выбора для размещения заказа. В качестве критериев могут выступать: время, возраст компании на рынке; специальная цена от поставщика; стабильность цен; отсрочка платежа, кредит; известность марки, в том числе международная; репутация марки, ее образ; победы и медали на выставках; широта ассортимента; удобная транспортировочная и складская упаковка; стандарты качества товара, экологичность и его контроль; территориальная удаленность поставщика от потребителя; доставка вовремя; поставки согласно оговоренного ассортимента; производственная мощность (наличие резервных мощностей у поставщика); финансовое положение поставщика; конкурентоспособность поставщика; профессионализм персонала поставщика; социально-трудовые отношения в трудовом коллективе поставщика (риск забастовок); история организации и т.д.

Очевидно, что задача выбора поставщика - это многокритериальная задача принятия решения с большим количеством альтернатив и критериев. Сложность многокритериального подхода к рассматриваемой проблеме выбора заключается в разнонаправленности критериев и в их смешанном характере (количественные и качественные критерии, причем последние имеют тенденцию доминировать). В настоящее время разработано большое количество подходов для решения подобных многокритериальных задач (AUT, АНР, ELECTRE), среди которых наиболее популярным является метод анализа иерархий (АНР/МАИ).

Метод анализа иерархий и его модификации

МАИ является процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), по парным сравнениям, которые производятся в терминах доминирования одного элемента над другим с использованием субъективных суждений по шкале относительной важности. Детальное описание метода можно найти в [1]. Достоинствами МАИ являются: универсальность, строгое математическое и психологическое обоснование, простота.

Однако метод имеет ряд очевидных недостатков, к которым относятся необходимость построения большого числа матриц парных сравнений. МАИ дает только жесткие оценки альтернатив и не допускает неопределенности в суждениях. Это условие не выполняется в большинстве случаев, так как эксперт обычно неточен и ненадежен. При построении матриц парных

сравнений эксперту не разрешается отвечать «не знаю» и «не уверен», что существенно ограничивает применение метода. Кроме того, экспертам трудно оценить парные сравнения в рамках имеющейся шкалы. Выполненные эксперименты показывают, что при опросе экспертов невозможно получить внятный ответ, касающийся степени превосходства одной альтернативы над другой. Таким образом, необходимы методы, которые бы сравнивали не все альтернативы, а только часть из них. Частичное решение последней проблемы было предложено Бейноном в работе [2], где рассмотрено применение теории случайных множеств в качестве модификации МАИ.

Метод Бейнона решает целый ряд проблем, имеющих место в стандартном МАИ, включая: несогласованность матриц парных сравнений; большое количество сравнений при построении матриц парных сравнений; сложность в представлении «незнания». В то же время, детальный анализ подхода и численные расчеты показали, что есть недостатки, например, алгоритм вычисления базовых вероятностей не обоснован строго математически.

Новый метод анализа иерархий (НМАИ)

Предлагается следующий подход к коллективному принятию решения.

1. Представление проблемы в виде иерархии посредством динамического обсуждения ее группой экспертов (аналогично МАИ).
2. Сбор информации посредством процедуры опроса экспертов в виде n -этапной схемы.
3. Математическая обработка и анализ собранной информации.

Выявление предпочтений экспертов

Необходимо отметить, что зачастую при выполнении парных сравнений элементов (критериев или альтернатив) эксперт испытывает затруднение при сравнении их между собой, приписывая им числа в соответствии с выбранной шкалой, поскольку различие между отдельными элементами бывает столь незначительно, что его нельзя оценить. Чтобы устранить эту неспособность эксперта ставить в соответствие некоторые числа каждому элементу, в данной модификации предлагается рассматривать не только отдельные элементы, но и их группы (подмножества). Эта неточность экспертных оценок позволит избежать сравнения элементов, включенных в одно подмножество. При этом основную сложность, по-прежнему, будет представлять сам процесс сравнения. В связи с этим предлагается освободить эксперта от необходимости выполнения какого-либо сравнения элементов между собой на всех уровнях иерархии, заменив процесс сравнения выделением самого предпочтительного элемента. В процессе опроса эксперт должен давать качественные оценки типа: «предпочтительнее» или «не предпочтительнее». Выделенный экспертом элемент получает оценку «1», а все оставшиеся - «0».

Введем обозначения:

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ - множество альтернатив, состоящее из n элементов, $Po(A)$ - множество мощности альтернатив, элементами которого являются всевозможные сочетания альтернатив $B_i \subseteq Po(A)$ универсального множества

альтернатив A , $Po(A) = \{B_1, B_2, \dots, B_l\}$, $l = 2^n - 1$ (пустое множество исключаем из рассмотрения).

$C = \{C_1, C_2, C_j, \dots, C_r\}$ - множество критериев, $j = 1, r$;

$Po(C)$ - множество мощности критериев, элементами которого являются всевозможные сочетания критериев универсального множества C ;

$Po(C) = \{C^{(1)}, C^{(2)}, \dots, C^{(k)}\}$, $k = \overline{1, r}$;

$C^{(k)} = \{C_1^{(k)}, C_2^{(k)}, \dots, C_i^{(k)}\}$ - множество всех подмножеств критериев длины k ;

$C_i^{(k)} = \{C_{p1}, C_{p2}, \dots, C_{pk}\} \subseteq Po(C)$.

Если проблема представлена экспертами в виде двухуровневой иерархии, на первом уровне которой расположены критерии, а на нижнем уровне – альтернативы, то процедура опроса экспертов будет представлять двухэтапную схему.

На первом этапе схемы опроса каждый из экспертов выделяет то подмножество критериев $C_i^{(k)}$, которое на его взгляд является наиболее предпочтительным по сравнению со всем множеством критериев. Например, если эксперт выделил отдельный критерий C_1 , то это означает, что из всего множества критериев C критерий C_1 является наиболее предпочтительным, т.е. $C_1 \succ C$. После опроса всех N_c экспертов подсчитывается число появления выделенных подмножеств - $c_i^{(k)}$

На *втором этапе* эксперт в соответствии с заданным критерием C_i , выделяет некоторое подмножество $B_j \subseteq Po(A)$ как наиболее предпочтительное среди всего множества альтернатив A . Будем считать, что оценки подмножеств альтернатив экспертами осуществляются независимо для каждого критерия. После получения всех оценок $N_A^{(i)}$ по i -му критерию подсчитывается число выделенных подмножеств B_j по этому критерию - c_{ji} .

Математическая обработка полученной информации

Данные, полученные при индивидуальном опросе членов группы экспертов, отдельные суждения которых могут, как совпадать, так и конфликтовать между собой, содержат информацию о степени предпочтения не только отдельных элементов, но и их групп, т.е. являются неточными. Предпочтительным аппаратом для обработки таких оценок является теория Демпстера –Шейфера или теория свидетельств [3,4].

Вычисление базовых вероятностей подмножеств критериев и альтернатив

В соответствии с теорией свидетельств для каждого подмножества критериев (фокального элемента) вычисляется базовая вероятность $m(C_i^{(k)})$.

$$m(C_i^{(k)}) = \frac{c_i^{(k)}}{N_c} \sum_{C_i^{(k)} \in Po(C)} m(C_i^{(k)}) = 1. \quad (1)$$

Базовые вероятности подмножеств альтернатив B_j являются условными в зависимости от выбранного критерия C_i и могут быть вычислены по формуле:

$$m(B_j | C_i) = \frac{c_{ji}}{N_A^{(i)}}, \quad \text{для } \forall i: \sum_{B_j \in Po(A)} m(B_j | C_i) = 1. \quad (2)$$

Следующей задачей является комбинирование полученных оценок для получения весов альтернатив. Заметим, что на первом этапе оценки критериев не ограничиваются отдельными элементами множества C , а содержат также подмножества критериев, т.е. $C_i^{(k)} \in Po(C)$. На втором этапе схема опроса экспертов такова, что условные базовые вероятности подмножеств альтернатив зависят только от отдельных элементов множества C . Возникает вопрос – как учитывать базовые вероятности подмножеств критериев при выборе альтернатив (подмножеств альтернатив)? Возможны два подхода для решения этой задачи – 1) с использованием правила комбинирования Демпстера; 2) с использованием обобщенных весов.

Комбинирование полученных оценок с использованием правила Демпстера

Рассмотрим случай, когда $k = 2$, т.е. количество элементов подмножества критериев $C_i^{(2)}$ равно 2, например $C_i^{(2)} = \{C_n, C_m\}$. Результат комбинирования $m(B_i | \{C_n\})$ и $m(B_j | \{C_m\})$ для $\forall i, j$ можно интерпретировать следующим образом. Мы ищем пересечения подмножеств альтернатив B_i и B_j , которые удовлетворяют и критерию C_n и критерию C_m . Поскольку оценки альтернатив экспертами осуществляются независимо для каждого критерия, то для комбинирования базовых вероятностей и вычисления совместной базовой вероятности можно использовать правило комбинирования Демпстера.

$$m(B_l | \{C_n, C_m\}) = m(B_l | \{C_n\}) \oplus m(B_l | \{C_m\}) = \frac{1}{1 - K} \sum_{i, j: B_i \cap B_j \neq \emptyset} m(B_i | \{C_n\}) \cdot m(B_j | \{C_m\})$$

Символ \oplus означает правило комбинирования Демпстера или ортогональную сумму.

K - коэффициент конфликтности, который представляет общую базовую вероятность, связанную с конфликтными свидетельствами, когда два фокальных элемента из разных источников не пересекаются, т.е. $B_i^m \cap B_j^n = \emptyset$.

$$K = \sum_{i, j: B_i \cap B_j = \emptyset} m(B_i | \{C_n\}) \cdot m(B_j | \{C_m\}).$$

Правило комбинирования Демпстера может быть распространено для комбинирования произвольного подмножества критериев.

$$m(B_l | C_i^{(k)}) = \bigoplus_{i: C_i \in C_i^{(k)}} m(B_l | \{C_i\}). \quad (3)$$

Если коэффициент конфликтности $K = 1$, то это означает, что оценки подмножеств альтернатив по отдельным критериям не пересекаются и их комбинирование с использованием правила Демпстера не представляется возможным. В этом случае предлагается использовать правило комбинирования Дюбуа и Прада [5]:

$$m(B_l | \{C_n, C_m\}) = m(B_l | \{C_n\}) \oplus m(B_l | \{C_m\}) = \sum_{i, j: B_i \cup B_j = B_l} m(B_i | \{C_n\}) \cdot m(B_j | \{C_m\}) \quad (4)$$

Вычисление безусловных базовых вероятностей подмножеств альтернатив предлагается осуществлять двумя способами:

1) С использованием формулы полной вероятности, предполагая, что базовые вероятности $m(B_i | C_i^{(k)})$ являются условными:

$$m(B_j) = \sum_{k=1}^r \sum_{C_i^{(k)} \in C^{(k)}} m(B_j | C_i^{(k)}) \cdot m(C_i^{(k)}). \quad (5)$$

2) С использованием дисконтированного правила комбинирования Демпстера, рассматривая каждый критерий как источник информации.

$$m(B_j) = \bigoplus_{k=1}^r \bigoplus_{i: C_i^{(k)} \in C^{(k)}} [m(B_j | C_i^{(k)}) \otimes m(C_i^{(k)})] \quad (6)$$

Символ \oplus означает правило комбинирования Демпстера или ортогональную сумму, а символ \otimes означает операцию дисконтирования.

На основе базовых вероятностей подмножеств альтернатив B_j определяются функции доверия и правдоподобия для всех элементов множества мощности $Po(\mathbf{A})$, которые следует рассматривать как нижнюю и верхнюю вероятности подмножеств альтернатив.

$$Bel(B_i) = \sum_{j: B_j \subseteq B_i} m(B_j), \quad Pl(B_i) = \sum_{j: B_j \cap B_i \neq \emptyset} m(B_j). \quad (7)$$

Функция правдоподобия может быть интерпретирована как наиболее оптимистичная оценка, а функция доверия как наиболее пессимистичная. В случаях когда границы интервалов оказываются широкими, анализ интервальных оценок может быть затруднителен, и возникает задача нахождения баланса между случаями предельного оптимизма и крайнего пессимизма, для решения которой можно использовать критерий Гурвица (критерий пессимизма-оптимизма). Перевод интервальных оценок в точные осуществляется в соответствии с соотношением

$$Y(B_j) = \gamma \cdot Bel(B_j) + (1 - \gamma) \cdot Pl(B_j), \quad (8)$$

где γ - коэффициент осторожности или пессимизма, $0 \leq \gamma \leq 1$. При $\gamma = 0$ имеем случай предельного оптимизма, при $\gamma = 1$ - случай крайнего пессимизма. Промежуточные значения коэффициента осторожности характеризуют ту или иную склонность ЛПР к пессимизму или оптимизму.

Комбинирование полученных оценок с использованием обобщенных весов

Предположим, что критерий C_j имеет некоторую неизвестную вероятность выбора p_j так, что для всех критериев выполняется условие

$$\sum_{j=1}^r p_j = 1. \quad (9)$$

С другой стороны, зная базовые вероятности различных подмножеств $m(D_k)$, для любого $D_k \subseteq Po(\mathbf{C})$ можно определить функции доверия и правдоподобия следующим образом: $Bel(D_k) = \sum_{i: D_i \subseteq D_k} m(D_i)$, $Pl(D_k) = \sum_{i: D_i \cap D_k \neq \emptyset} m(D_i)$,

$k = 1, 2, \dots, 2^r - 1$.

В то же время функции доверия и правдоподобия можно рассматривать как нижнюю и верхнюю вероятности выбора подмножества D_k и предполагая, что каждый критерий имеет вероятность выбора p_j , можно записать для подмножества D_k

$$Bel(D_k) \leq \sum_{j: C_j \in D_k} p_j \leq Pl(D_k) \quad (10)$$

Существует некоторое множество P возможных распределений вероятностей $p = (p_1, p_2, \dots, p_r)$, удовлетворяющее всем неравенствам (10) одновременно. Зафиксируем одно распределение p из P .

Тогда, используя формулу полной вероятности, можно записать комбинированную базовую вероятность подмножества альтернатив B_j следующим образом:

$$m_p(B_k) = \sum_{j=1}^r m(B_k | C_j) \cdot p_j, \quad p \in P.$$

Необходимо отметить, что полученная базовая вероятность зависит от выбранного распределения вероятностей $p \in P$. Поэтому функции доверия и правдоподобия, вычисленные на основе этих базовых вероятностей, также зависят от выбранного распределения вероятностей $p \in P$ и равны:

$$Bel_p(B_k) = \sum_{i: B_i \subseteq B_k} m_p(B_k) = \sum_{j=1}^r p_j \cdot \left(\sum_{i: B_i \subseteq B_k} m(B_i | C_j) \right),$$

$$Pl_p(B_k) = \sum_{i: B_i \cap B_k \neq \emptyset} m_p(B_k) = \sum_{j=1}^r p_j \cdot \left(\sum_{i: B_i \cap B_k \neq \emptyset} m(B_i | C_j) \right).$$

Для множества возможных распределений вероятностей P мы имеем множество функций доверия $Bel_p(B_k) = (Bel_1(B_k), Bel_2(B_k), \dots, Bel_p(B_k))$ и функций правдоподобия $Pl_p(B_k) = (Pl_1(B_k), Pl_2(B_k), \dots, Pl_p(B_k))$, которые для рассматриваемого подмножества альтернатив B_k в совокупности определяют возможные нижнюю и верхнюю границы вероятности. Иными словами мы не можем определить точное значение функций доверия и правдоподобия подмножества альтернатив B_k , а способны лишь указать на их границы, определив тем самым для себя ширину интервала, которая будет выступать в качестве критерия оптимальности. Наихудшей ситуацией является ситуация наименьшей информативности. В этих условиях ширина интервала должна быть максимальной. Поэтому из элементов множества $Bel_p(B_k)$ необходимо выделить минимальный элемент, а среди элементов множества $Pl_p(B_k)$ - максимальный, т. е.

$$Bel(B_k) = \inf_{p \in P} Bel_p(B_k) = \inf_{p \in P} \sum_{j=1}^r p_j \cdot \left(\sum_{i: B_i \subseteq B_k} m(B_i | C_j) \right),$$

$$Pl(B_k) = \sup_{p \in P} Pl_p(B_k) = \sup_{p \in P} \sum_{j=1}^r p_j \cdot \left(\sum_{i: B_i \cap B_k \neq \emptyset} m(B_i | C_j) \right).$$

Заметим, что полученные функции доверия и правдоподобия зависят от p линейно. Следовательно, можно вычислить нижнюю и верхнюю границы

функций доверия и правдоподобия на основе задач линейного программирования при ограничениях (9) и (10).

Таким образом в рамках данного НМАИ выявляется ряд модификаций НМАИ:

а. Первая модификация заключается в расширении множества критериев на множество всех подмножеств критериев с последующей сверткой не только отдельных критериев, но и их подмножеств.

б. Вторая модификация просматривает каждый критерий как источник информации, а веса критериев как надежность этих источников. Дальнейшее комбинирование оценок осуществляется по правилу комбинирования Демпстера.

Список литературы

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий., - М.: Радио и связь. 1993.278 с.

2. Beynon M. DS/AN method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty. - European Journal of Operational Research, 2002, Vol. 140, p.148-164.

3. Dempster A.P. Upper and lower probabilities induced by a multi-valued mapping. Annales of Mathematical Statistics, 38: 325-339, 1967.

4. Shafer G. A Mathematical Theory of Evidence. Princeton University Press, 1976.

5. Уткин Л.В., Симанова Н.В. Обобщение метода анализа иерархий для принятия решений при неточных сравнениях с использованием теории Демпстера-Шейфера // «Известия ОрелГТУ», №4/268(535), 2007, С. 223-229.

АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА ПОРОГОВЫХ ФУНКЦИЯХ

Н.М. Мирзаев, Г.Р. Мирзаева

Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при ТУИТ им. М. Ал-Хоразмий

Аннотация. Рассмотрены задачи построения модели алгоритмов распознавания в условиях большой размерности признакового пространства. Основная идея данной модели заключается в выделении предпочтительных признаков и задания функции близости на разных уровнях. Вычисление оценки для класса осуществляется по всем уровням. Для проверки работоспособности предложенной модели приведены экспериментальные исследования.

Ключевые слова: *предпочтительные признаки, функция близости, оценка по всем уровням, пороговая функция.*

RECOGNITION ALGORITHMS BASED ON THRESHOLD FUNCTIONS

N.M. Mirzaev, G.R. Mirzaeva

Scientific and innovation center of information and communication technologies, TUIT named after Muhammad Al-Khwarizmi

Abstract. The problems of constructing of a model of recognition algorithms under conditions of high dimensionality of feature space are considered. The main idea of this model is to extract the preferred features and to set the proximity functions at different levels. The estimates' calculation for a class is carried out at all levels. To test the performance of the proposed model, the experimental studies were conducted.

Keywords: *preferred features, proximity function, estimates at all levels, threshold function.*

Введение

В последние годы непрерывно расширяется круг специалистов, которые уделяют большое внимание к проблеме распознавания образов. Поэтому объем научных публикаций по данной тематике постоянно растёт и ежегодно организуется ряд научных конференций, в котором обсуждаются актуальные вопросы распознавания образов. Популярность этих вопросов обусловлено тем, что методы и алгоритмы распознавания образов находят всё большее применение в науке, технике, производстве и повседневной жизни. С их помощью решаются, в основном, задачи геологического прогнозирования, задачи медицинской и технической диагностики, задачи биометрической идентификации человека, задачи распознавания речи и многие другие задачи подобного рода.

Характерной чертой современной науки является непрерывный рост сложности изучаемых систем и объектов. Одной из отличительных особенностей подобных систем и объектов является их многомерность. Для описания многомерных объектов (систем) используется большое число переменных (признаков). Однако, в условиях большой размерности признакового пространства большинство признаков могут быть взаимосвязанными. В подобных ситуациях возникает затруднения, связанные с решением многих прикладных задач с применением известных алгоритмов распознавания [1-3]. Данное обстоятельство показывает, что вопросы практической применимости тех или иных алгоритмов для решения прикладных задач распознавания при нарушении условия независимости признаков являются недостаточно исследованными. Следовательно, задачи разработки и исследования алгоритмов распознавания с учетом взаимосвязанности признаков являются актуальными.

Цель данной работы состоит в разработке модели распознающих алгоритмов в условиях большой размерности пространства признаков. В качестве исходной модели алгоритмов распознавания рассмотрена модель, основанная на вычислении оценок.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие модели распознающих операторов и определить круг решаемых задач;
- разработать модель модифицированных алгоритмов распознавания, основанных на вычислении оценок;
- провести экспериментальные исследования для оценки эффективности разработанных распознающих операторов.

Основная идея предлагаемой модели распознающих операторов заключается в поиске некоторых закономерностей, характеризующих объектов, принадлежащих к одному и тому же классу. Следует отметить, что данная работа является логическим продолжением исследований научной школы академика РАН Ю.И. Журавлёва и неопределяемые понятия, использованные в данной работе, приведены в работах [4-7].

Объектом исследования являются распознающие операторы типа вычисления оценок. Предмет исследования – модифицированные распознающие операторы, основанные на вычислении оценок.

В научном плане результаты данной работы представляют собой новое решение научной задачи, связанной с построением распознающих алгоритмов при условии большой размерности пространства признаков. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что разработанные алгоритмы и программы могут быть применены при решении прикладных задач в условиях большой размерности пространства признаков (например, при идентификации человека по изображению подписи).

Постановка задачи. Рассмотрим множество допустимых объектов \mathfrak{D} , которое покрыто подмножествами (классами) $\mathcal{K}_1, \dots, \mathcal{K}_j, \dots, \mathcal{K}_\ell$ [5, 6]:

$$\mathfrak{D} = \bigcup_{j=1}^{\ell} \mathcal{K}_j, \quad \mathcal{K}_j \cap \mathcal{K}_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j \in \{1, 2, \dots, \ell\}.$$

При этом предполагается, что разбиение \mathfrak{D} определено не полностью, а имеется только некоторая начальная информация I_0 о классах $\mathcal{K}_1, \dots, \mathcal{K}_j, \dots, \mathcal{K}_\ell$. Обычно I_0 задаётся в виде классифицированных объектов.

Выделим из \mathfrak{D} произвольно m объектов: $\tilde{S}^m = \{S_1, \dots, S_w, \dots, S_m\}$. Каждому выделенному объекту в пространстве признаков X соответствует описание $I(S_u)$ объекта S_u (т.е. m -мерный вектор признаков X):

$$I(S_1) = (a_{11}, \dots, a_{1i}, \dots, a_{1n}),$$

$$\dots$$

$$I(S_u) = (a_{u1}, \dots, a_{ui}, \dots, a_{un}),$$

$$\dots$$

$$I(S_m) = (a_{m1}, \dots, a_{mi}, \dots, a_{mn}),$$

где $X = (x_1, \dots, x_w, \dots, x_n)$.

Обычно начальная информация I_0 задается как множество пар, состоящее из S_u и $\tilde{\alpha}(S_u)$:

$$I_0 = \{S_1, \tilde{\alpha}(S_1), \dots, S_w, \tilde{\alpha}(S_w), \dots, S_m, \tilde{\alpha}(S_m)\},$$

где $\tilde{\alpha}(S_u)$ – информационный вектор объекта S_u ($S_u \in \mathfrak{D}$): $\tilde{\alpha}(S_u) = (\alpha_{u1}, \dots, \alpha_{uj}, \dots, \alpha_{u\ell})$. Здесь α_{uj} – значение предиката, имеющее следующий вид:

$$P_j(S_u) = \begin{cases} 1, & \text{если } S_u \in \tilde{\mathcal{K}}_j; \\ 0, & \text{если } S_u \notin \tilde{\mathcal{K}}_j. \end{cases}$$

Основная задача распознавания образов (задача Z) состоит в том, что требуется по информации I_0 и описанию $I(S_u)$ допустимого объекта S_u вычислить значения элементарных предикатов $P_j(S_u) - "S_u \in \mathcal{K}_j"$.

Функционал качества алгоритма распознавания A зададим в виде

$$\mathfrak{R}(A) = \frac{1}{m} \sum_{u=1}^m H(\|\tilde{\alpha}(S_u) - A(\pi, S_u)\|_B) \quad (1)$$

$$H(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x = 0; \\ 1, & \text{при } x \neq 0, \end{cases}$$

$$A = B \cdot C,$$

$$B(\|b_{ij}\|_{m \times l}) = \|b_{ij}\|_{m \times l}, C(\|b_{ij}\|_{m \times l}, c_1, c_2) = \|\beta_{ij}\|_{m \times l},$$

где $\|\cdot\|_B$ - норма булевого вектора, q - число объектов контрольной выборки.

На множестве $\{A\}$ задан функционал качества (1). Уточненная основная задача (задача \tilde{Z}) состоит в том, что среди алгоритмов $\{A\}$, найти такой алгоритм A^* , что:

$$\mathfrak{R}(A^*) = \inf_{A \in \{A\}} \mathfrak{R}(A). \quad (2)$$

Для решения задачи (2) предложен новый подход, основанный на построение пороговых функций.

Предлагаемый подход

В работе предлагается оригинальный подход к решению задачи построения распознающих операторов при условии взаимосвязанности признаков, который опирается на результаты исследований научных школ Журавлёва Ю.И. и Загоруйко Н.Г. Отличительная особенность рассматриваемого подхода заключается в выделении подмножеств взаимосвязанных признаков и определении функции расстояния на основе модели взаимосвязанности признаков. На базе этого подхода разработана модель модифицированных распознающих операторов, основанных на вычислении оценок.

Задание предложенной модели распознающих операторов включает следующие основные этапы.

1. Выделение подмножеств сильносвязанных признаков. На данном этапе определяется система «независимых» подмножеств признаков, состав которой будет зависеть от параметра n' . Задавая различные целочисленные значения этому параметру, получим различные распознающие операторы [3, 8, 9].

2. Формирование набора репрезентативных признаков. В результате выполнения данного этапа получаем сокращенное пространство признаков, размерность которого намного меньше исходного. Далее сформированное пространство признаков обозначим через X' ($X' = (x'_1, \dots, x'_n)$) [9, 10, 11].

3. Выделение предпочтительных признаков. Выбор предпочтительного признака из X' осуществляется на основе оценки доминантности

рассматриваемого признака, которая разделяет объекты, принадлежащие множеству \tilde{S}^m , на два подмножества \tilde{K}_j и $C\tilde{K}_j$ [3, 10, 11].

4. Определение функции близости $d_u(S_p, S_q)$ между объектами S_p и S_q в двумерном подпространстве предпочтительных признаков. На данном этапе задается функция, характеризующая сходство объектов S_p и S_q в двумерном подпространстве предпочтительных признаков \mathfrak{D} ($\mathfrak{D} = (\mathcal{D}_1, \dots, \mathcal{D}_w, \dots, \mathcal{D}_n), \mathcal{D}_u = (x_{u_1}, x_{u_2}), x_{u_1}, x_{u_2} \in X'$). Расстояния между этими объектами в подпространстве предпочтительных признаков \mathcal{D}_u определяются следующим образом [12]:

$$d_u(S_p, S_q) = \sqrt{\sum_{i=1}^2 (a_{p,u_i} - a_{q,v_i})^2} \quad (3)$$

В задачах распознавания образов в качестве меры сходства в \mathcal{D}_u можно принять квадрат расстояния (3):

$$d_u^2(S_p, S_q) = \sum_{i=1}^2 (a_{p,u_i} - a_{q,v_i})^2 \quad (4)$$

Тогда, используя (4), введем понятие функции близости первого уровня. Функцией близости первого уровня называется пороговая функция, заданная в двумерном подпространстве предпочтительных признаков \mathcal{D}_u :

$$\mu_{1u}(S_p, S_q) = \begin{cases} 1, & \text{если } d_u^2(S_p, S_q) \leq \varepsilon_{1u}^2 \\ 0, & \text{если } d_u^2(S_p, S_q) > \varepsilon_{1u}^2 \end{cases}$$

где ε_{1u} – параметр алгоритма, используемый при построении функции близости первого уровня.

Множество функций близости первого уровня обозначим через \mathfrak{B}_1 .

Функцией близости второго уровня называется пороговая функция, заданная в подпространстве предпочтительных признаков \mathcal{D}_u и \mathcal{D}_v :

$$\mu_{2u}(S_p, S_q) = \begin{cases} 1, & \text{если } d_u^2(S_p, S_q) + d_v^2(S_p, S_q) \leq \varepsilon_{2u}^2 \\ 0, & \text{если } d_u^2(S_p, S_q) + d_v^2(S_p, S_q) > \varepsilon_{2u}^2 \end{cases}$$

где ε_{2u} – параметр алгоритма, используемый при построении функции близости второго уровня.

Множество функций близости второго уровня обозначим через \mathfrak{B}_2 .

Функцией близости k -ого уровня называется пороговая функция, заданная в подпространстве предпочтительных признаков $\mathcal{D}_{u_1}, \dots, \mathcal{D}_{u_k}$:

$$\mu_{ku}(S_p, S_q) = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{v=1}^k d_{u_v}^2(S_p, S_q) \leq \varepsilon_{ku}^2 \\ 0, & \text{если } \sum_{v=1}^k d_{u_v}^2(S_p, S_q) > \varepsilon_{ku}^2 \end{cases}$$

где ε_{ku} – параметр алгоритма, используемый при построении функции близости k -ого уровня.

Множество функции близости k -ого уровня обозначим через \mathfrak{B}_k .

5. Вычисление оценки по объектам на каждом уровне. Вычисляется числовая характеристика $\Gamma_u(S_p, S_q)$, называемая оценкой. Оценка определяется по значению функции близости по объектам в выбранном уровне функции близости:

$$\Gamma_i(S_p, S_q) = \sum_{u=1}^n \lambda_u \mu_{iu}(S_p, S_q),$$

где λ_u – заданный параметр алгоритма.

6. Вычисление оценки для класса на каждом уровне. Пусть вычислены величины $\Gamma_i(S_p, S_q) (S_p \in \tilde{\mathcal{K}}_j)$. Оценка для класса определяется следующим образом:

$$\Gamma_i(\mathcal{K}_j, S_q) = \sum_{S_p \in \tilde{\mathcal{K}}_j} \tau_p \Gamma_i(S_p, S_q),$$

где τ_p – заданный параметр алгоритма, указывающая важность объекта S_p .

7. Оценка для класса \mathcal{K}_j по всем уровням. Пусть каждому оценку для класса, на каждом уровне, соответствует числовой параметр γ_i . Оценкой по всем уровням является величина

$$\Gamma(\mathcal{K}_j, S_q) = \sum_{i=1}^k \gamma_i \Gamma_i(\mathcal{K}_j, S_q),$$

где γ_i – заданный параметр алгоритма

8. Решающее правило. Решение принимается поэлементно [4-6], т.е.

$$\beta_{ij} = C(\Gamma(\mathcal{K}_j, S_q)) = \begin{cases} 0, & \text{если } \Gamma(\mathcal{K}_j, S_q) < c_1, \\ 1, & \text{если } \Gamma(\mathcal{K}_j, S_q) > c_2, \\ \Delta, & \text{если } c_1 \leq \Gamma(\mathcal{K}_j, S_q) \leq c_2, \end{cases}$$

где c_1, c_2 – параметры алгоритма.

Таким образом, мы определили класс модифицированных алгоритмов распознавания, основанных на двумерных пороговых функциях. Произвольный алгоритм A из этой модели полностью определяется заданием набора параметров $\tilde{\pi}$. Совокупность всех распознающих алгоритмов из предлагаемой модели обозначим через $A(\tilde{\pi}, S)$. Поиск наилучшего алгоритма осуществляется в пространстве параметров $\tilde{\pi}$ [13].

Экспериментальная проверка

Для проверки работоспособности рассмотренной модели алгоритмов разработаны функциональные схемы программ распознавания. Программная реализация разработанных алгоритмов осуществлена на языке C++. Работоспособность разработанной программы проверена на практическом примере.

В качестве практического примера рассмотрим задачу распознавания личности человека по изображению подписи [14,15]. Дан набор из 200 изображений подписи, состоящий из 4 непересекающихся подмножеств (классов). В каждом классе 50 различных изображений подписи одного человека, подписанных в различное время. В каждом эксперименте 160 изображений подписи рассматриваются как обучающая выборка, а остальные 40 как контрольная выборка. В целях исключения удачного (или неудачного) разбиения исходной выборки на обучающую и контрольную выборки при определении точности результатов решения рассматриваемой задачи с помощью различных алгоритмов распознавания используется метод скользящего контроля [16].

В результате данного экспериментального исследования получены следующие результаты распознавания с использованием предлагаемого алгоритма: ошибка в процессе обучения составила 0,4%, ошибка в процессе контроля – 3,7%. При распознавании с помощью метода ближайших соседей те же показатели составили 5,1% и 13,6% соответственно.

Проведенные вычислительные эксперименты при решении задачи распознавания личности по изображениям подписи показали более высокую эффективность предложенных алгоритмов по сравнению с традиционными алгоритмами распознавания.

Заключение. На сегодняшний день решение задач распознавания образов, описанных в пространстве признаков большой размерности, связано со значительными вычислительными трудностями. Рассмотренная модель распознающих алгоритмов улучшает точность и значительно сокращает число вычислительных операций при распознавании неизвестного объекта, заданного в пространстве взаимосвязанных признаков, и может быть использована при составлении различных программных комплексов, ориентированных на решение прикладных задач распознавания.

Список литературы

1. Камиллов М.М., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Современное состояние вопросов построения моделей алгоритмов распознавания // Научный журнал: Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2009, № 2. –С.21-27.
2. Фазылов Ш.Х., Мирзаев О.Н., Раджабов С.С. Современное состояние проблем распознавания образов // Проблемы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, 2015. – №2. С.99-112.
3. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.Н. Построение распознающих операторов в условиях взаимосвязанности признаков // Радиоэлектроника, информатика, управление. – Запорожье, 2016. - № 1. С. 58- 63.
4. Журавлев Ю.И. Избранные научные труды. –М.: Магистр, 1998. –420 с.
5. Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. – М.: Фазис, 2006. – 159 с.

6. Журавлев Ю.И., Гуревич И.Б. Распознавание образов и распознавание изображений // Распознавание, классификация, прогноз: Математические методы .и их применение. – М.: Наука, 1989. – Вып. 2. С. 5-72.
7. Журавлев Ю.И., Камилов М.М., Туляганов Ш.Е. Алгоритмы вычисления оценок и их применение. – Ташкент: Фан, 1974. – 119 с.
8. FazilovSh.Kh., Mirzaev N.M., Radjabov S.S., Mirzaev O.N. Determination of subsets of strongly dependent features based on radial functions // International Conference on Innovations in Engineering, Technology and Sciences” (ICIETS-2018). – Pp. 1-4.
9. Камилов М.М., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Определение параметров модели алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков // Знания – Онтологии – Теории: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Новосибирск, 2009. – Т. 1. –С.35-41.
10. FazilovSh.Kh., Mirzaev N.M., Radjabov S.S., Mirzaev O.N. Determining of Parameters in the Construction of Recognition Operators in Conditions of Features Correlations // In Proc. of 7th Int. Conf. on Optimization Problems and Their Applications – 2018 (July 8-14, 2018, Omsk, Russia,). Omsk, Russia, July 8-14, – Pp. 118-133. Published at <http://ceur-ws.org>.
11. Мирзаев Н.М. Модифицированные распознающие операторы, основанные на радиальных функциях // Современная техника и технологии: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – Рубцовск, 2017. – С.31-39.
12. Ту Дж. Г., Гонсалес З.К. Принципы распознавания образов. – М.:Мир, 1978. – 411 с.
13. Мирзаев Н. М., Раджабов С. С., Жумаев Т. С. О параметризации моделей алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков // Проблемы информатики и энергетики, 2008. №2-3. С. 23-27.
14. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мухамадиев А.Ш. Модель выделения признаков изображения подписи при идентификации личности // Нейрокомпьютеры и их применение: Тезисы докладов XV Всероссийской научной конференции (13 марта, 2018) – М.: ФГБОУ ВО МГППУ, 2018. – С. 181
15. Мирзаев Н.М. Выделение признаков изображения при распознавании личности по подписи // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Доклады Республиканской научно-технической конференции, 5-6 сентябрь 2017 г. – Ташкент, 2017. – С. 307-313.
16. Braga-Neto U.M., Dougherty E.R. Error Estimation for Pattern Recognition. –New York: Springer, 2016. - 312 p.

ОБЗОР 0D МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОПРИВОДА ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

С. Мирзалиев, А. Рустамов, Ж. Иноятходжаев

Туринский политехнический университет в г. Ташкенте, Узбекистан.

Аннотация. В эпоху жесткой конкуренции с большим количеством конкурентов по всему миру, кроме классических производственных целей как высокое качество и низкая стоимость, сегодняшний рынок машиностроительной промышленности устанавливает новые требования к предприятиям, такие как более короткое время выхода на рынок, гибкость, динамичность и адаптированность. Однако для создания виртуальной модели гидравлического компонента существуют некоторые проблемы в различных аспектах, например: нагрузки не являются постоянными, а насосы приводятся в действие реальным двигателем, скорость которого зависит от требуемого крутящего момента. Поэтому существует потребность в создании правильной математической модели компонентов и систем с достаточным уровнем детализации для получения всех тех явлений, которые необходимы для правильной оценки работоспособности гидравлической машины, но с *минимальными вычислительными ресурсами*. Такие программные обеспечения (ПО) уже имеются в производстве. Цель данной статьи смоделировать работу гидропривода линейного перемещения с помощью одного из таких ПО мехатронных систем - LMS Amesim и произвести быстрый анализ всей системы в режиме переходных характеристик.

Ключевые слова: *математическое моделирование, мехатронные системы; Amesim; гидравлика.*

REVIEW 0D MODELING OF HYDRAULIC DRIVE OF LINEAR MOVEMENT IN TRANSITION MODES.

S. Mirzaliyev, A. Rustamov, J. Inoyatkhodjaev

Turin Polytechnic University in Tashkent, Uzbekistan.

Abstract. In an era of tough competition with a large number of competitors around the world, in addition to classic production goals such as high quality and low cost, today's machinery industry sets new requirements for enterprises, such as shorter time to market, flexibility, agility and adaptability. However, to create a virtual model of the hydraulic component, there are some problems in various aspects, for example: the loads are not constant, and the pumps are driven by a real engine, the speed of which depends on the required torque. Therefore, there is a need to create the correct mathematical model of components and systems with a sufficient level of detail to obtain all the phenomena that are necessary for a correct assessment of the performance of a hydraulic machine, but with minimal computational resources. Such software (software) is already in production. The purpose of this article is to simulate the operation of a linear linear hydraulic drive using one of these software mechatronic systems - LMS Amesim and to make a quick analysis of the entire system in the mode of transient characteristics.

Keywords: *mathematical modeling, mechatronic systems; Amesim; hydraulics.*

Введение

LMS Amesim — программное обеспечение от немецкого концерна Siemens. Эта открытая, мощная и простая в использовании платформа для мультифизического расчетного моделирования и анализа [1]. Она позволяет оценивать функциональные характеристики интеллектуальных систем, начиная с ранних этапов процесса проектирования. В гидравлической системе на рис 1, установлен насос постоянной производительности, имеющий

предохранительный клапан и гидроцилиндр в качестве исполнительного элемента, который перемещает груз массой M .

Насос обеспечивает поток рабочей жидкости в цепь, а предохранительный клапан установлен в качестве обеспечения максимального давления в цепи. Поток рабочей жидкости и соответственно скорость управления гидроцилиндра осуществляется пропорциональным 4/3 распределителем. В левой позиции распределитель направляет поток на штоковую часть цилиндра, а в правой – в поршневую.

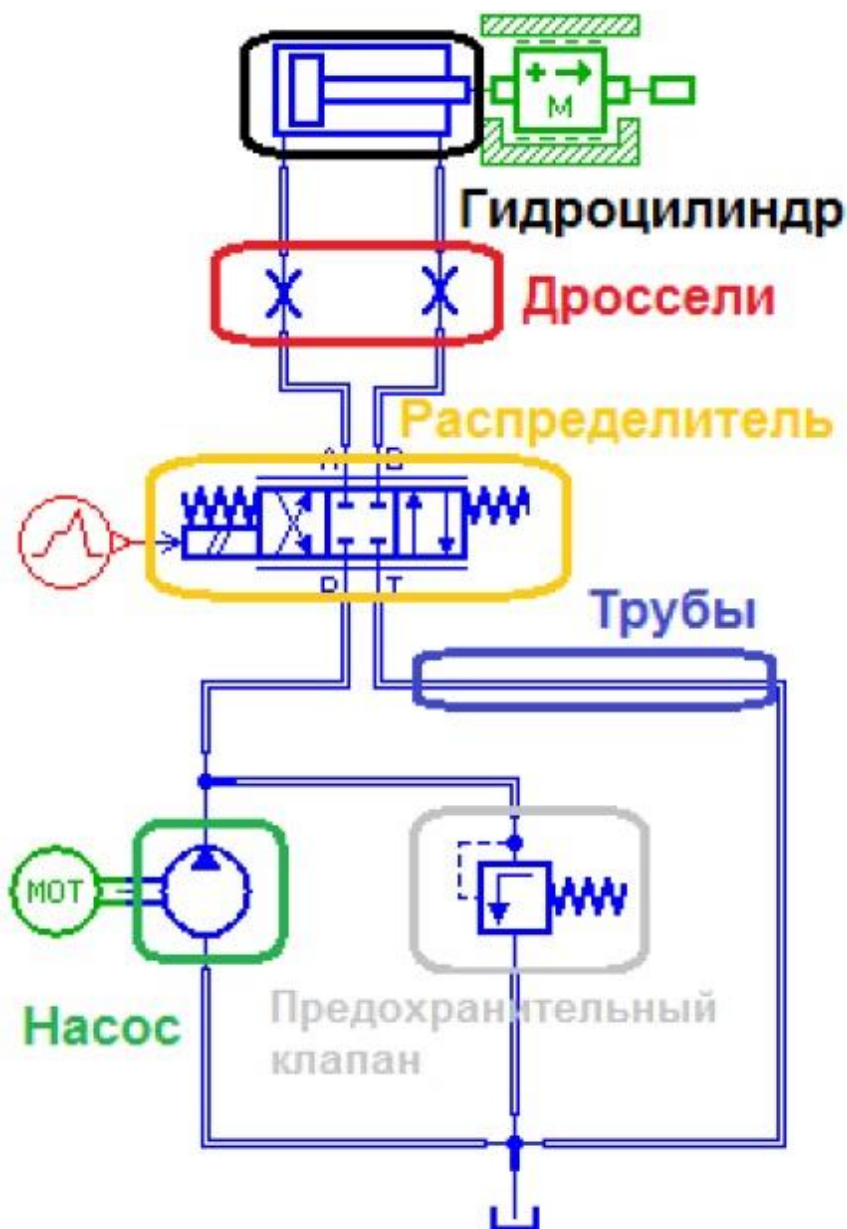


Рис 1. Расчётная схема гидропривода линейного перемещения

Аналитическое выражение компонентов системы

Номинальный поток насоса выражается

$$Q_{nom} = \frac{displ \cdot speed}{1000} \quad (1)$$

Поток на выходе вычисляется

$$Q_{out} = Q_{nom} \times \frac{\rho(press)}{\rho(0)} \quad (2)$$

Момент силы на насос выражается

$$T = \frac{(p(out) - p(in)) \times displ}{20\pi} \quad (3)$$

Сила от гидроцилиндра определяется

$$f_{rod} = p_1 A_1 - p_2 A_2 + v. visc$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot diam_p^2}{4}$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot (diam_p^2 - diam_r^2)}{4} \quad (4)$$

и утечки выражаются

$$q_{leak} = (p_1 - p_2) \cdot leak$$

а поток на входе

$$inflow_1 = q_1 - q_{leak} - v \cdot A_1 \cdot \frac{\rho(p_1)}{\rho(0)}$$

и на выходе

$$inflow_2 = q_2 - q_{leak} - v \cdot A_2 \cdot \frac{\rho(p_2)}{\rho(0)}$$

Ход работы

Работа в среде ПО Amesim включает следующие этапы [2]:

1. Составление эскиза системы в режиме Sketch
2. Подготовка среды для работы с системой
3. Уточнение подмоделей элементов
4. Определение параметров и начальных условий
5. Численный расчёт характеристик системы
6. Вывод результатов расчётов (post processing)

Для начала работы необходимо создать новый проект модели системы. Для этого нужно выполнить следующие действия: File → New → System → ОК. В дереве библиотек Library Tree двойным кликом левой кнопкой мыши необходимо открыть библиотеку Hydraulic (рисунок 2) [3]. Создание эскиза системы выполняется на первом этапе моделирования в режиме *Sketch*. Переключение между режимами осуществляется с помощью кнопок, иконки которых расположены в левой части окна программы. При запуске программы пользователь находится в режиме *Sketch*. Создание модели осуществляется перенесением необходимых компонентов из соответствующих библиотек. Возможность изменять или дополнять эскиз доступна только в режиме *Sketch*. Для начала необходимо перенести на рабочее поле гидравлический цилиндр двустороннего действия с односторонним штоком (*hydraulic actuator with single shaft and double flow ports*).

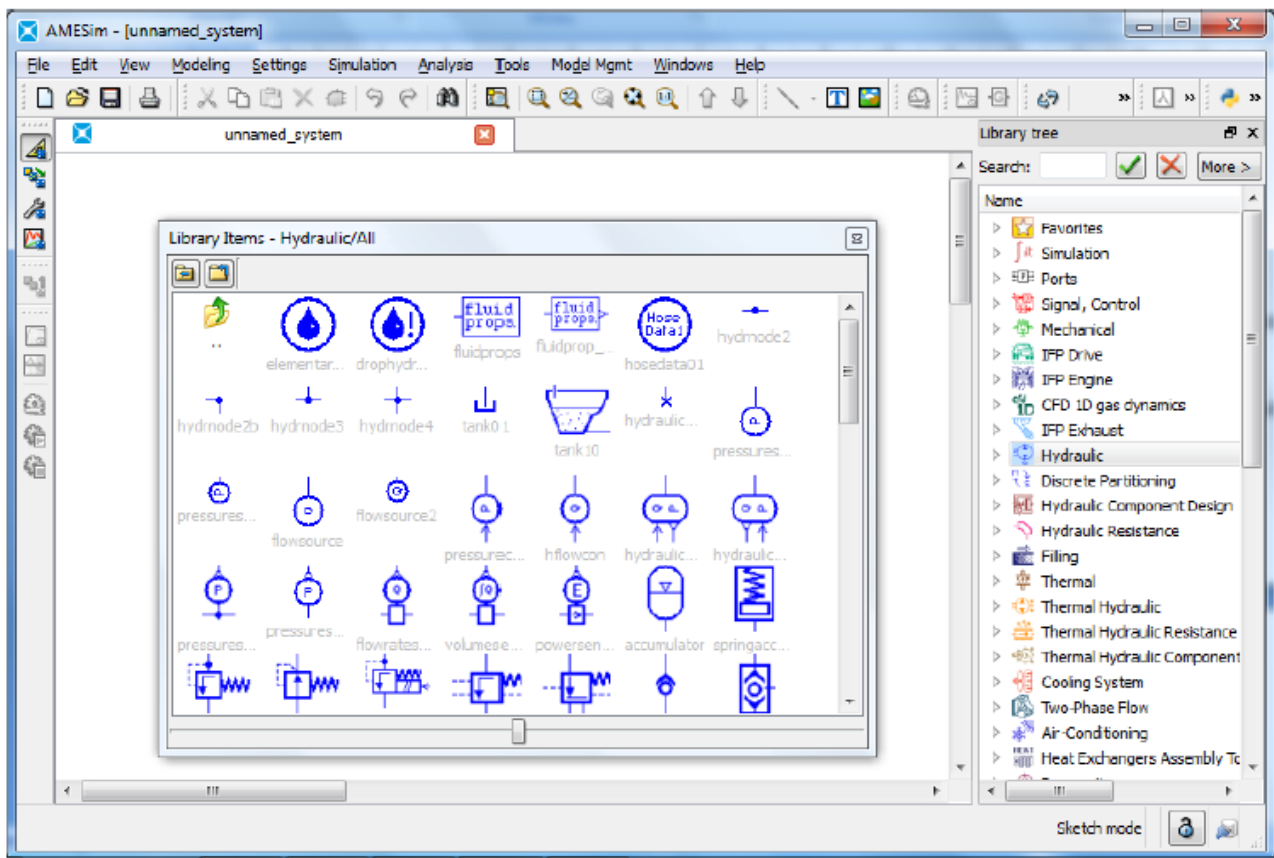


Рис 2. Вид библиотеки по гидравлике [3]

Для этого необходимо найти в окне содержащем элементы гидравлической библиотеки соответствующий элемент, однократно нажать на него левой кнопкой мыши и перенести курсор на рабочее поле. При этом на рабочем поле появится этот компонент закрашенный в чёрный цвет.

Перенесём на рабочее поле элемент, имитирующий массу. Он учитывает вязкое трение в подвижных частях и идеальные упоры (*linear mass with 2 ports and endstops*). Этот элемент находится в библиотеке *Mechanical*, имеющей зелёный цвет. Перенос элемента на рабочее поле осуществляется аналогично предыдущему случаю. При переносе необходимо подвести элемент к порту гидравлического цилиндра, расположенного на штоке, при этом порты массы и гидроцилиндра подсвечиваются зелёными квадратиками.

Уточнение подмоделей элементов: На уровне уточнения подмоделей производится конкретизация моделей элементов и допущений, принятых в них для последующего расчёта. Переход в режим определения моделей осуществляется нажатием кнопки в левой колонке окна программы *Submodel Mode*. Элементы, с неопределёнными подмоделями подсвечиваются на фоне цветом соответствующей библиотеки. В гидравлических системах определение моделей начинается с компонентов гидро- и пневмосистем, а в последнюю очередь определяются модели трубопроводов. Определим модель гидронасоса. Для этого двойным щелчком левой кнопки мыши вызывается меню

определения подмоделей. В открывшемся окне показывается список доступных подмоделей.

Как правило, подмодели в списке располагаются в порядке усложнения и уменьшения допущений сверху вниз. Аналогичным образом можно определить модели всех остальных элементов модели.

В случае, если пользователя устраивает простейшая модель работы системы, имеется возможность установить для всех элементов системы на рабочем поле модели, идущие самыми первыми в списке, то есть простейшие и наиболее предпочтительные. Для этого нужно нажать кнопку *Premier Submodel* в левой части окна программы. Модели трубопроводов в распределённых параметрах так же доступны для ввода в модель и расчёта. Они представляют собой цепочку последовательно соединённые элементы в сосредоточенных параметрах [4]. По окончании определения моделей элементов, на рабочем поле не должно оставаться неопределённых моделей, иначе при переходе на следующий уровень моделирования произойдёт присвоение простейших моделей.

Для перехода на уровень определения параметров необходимо нажать кнопку *Parameter mode* в левой части окна программы. При переходе на уровень определения параметров программа предлагает пользователю сохранить модель. При сохранении недопустимо использовать в названии файла, а также пути к файлу символов кириллицы. После сохранения происходит автоматическая компиляция модели в код на языке C++, который в последствии будет использован для численного расчёта модели системы. При компиляции программа выведет на экран окно, по окончании компиляции в котором необходимо нажать кнопку *Close*. Определение параметров элемента массы осуществляется двойным кликом левой кнопкой мыши на элемент. Программа выводит окно определения параметров. Согласно исходным данным определяются следующие параметры: масса нагрузки (*mass*) 20 кг, коэффициент вязкого трения нагрузки (*coefficient of viscous friction*) 100 Н/м, ход нагрузки (*higher/lower displacement limit*) от -1 м до 1 м. Помимо изменения самих значений параметров имеется возможность изменения размерностей физических величин. При этом преобразование значений происходит автоматически.

Значения отмеченные символом решётки # являются переменными и доступны на уровне определения параметров как начальные значения, Так, у массы можно задать начальную скорость движения и положения. Направление скорости заданной положительным значением определяется по стрелке показанной на элементе. Расчёт характеристик в программном пакете AMESim возможен в двух режимах: расчёт во временной области (*Temporal Analysis Mode*) – расчёт переходных характеристик и расчёт в частотной области (расчёт амплитудно-частотных характеристик) и модальный анализ *Linear Analysis Mode*. Для перехода на уровень расчёта характеристик, необходимо нажать на кнопку *Simulation mode* в левой части окна программы. После перехода на уровень *Simulation mode* в левой части окна программы становятся доступны следующие кнопки: *Temporal Analysis Mode*, *Linear Analysis Mode*, *Set the run*

parameters (Установить параметры расчёта), Start simulation (Начать расчёт), Stop simulation (остановить расчёт).

При нажатии кнопки Set the run parameters открывается окно, в котором можно определить шаг вывода результатов Print interval, время начала и окончания расчёта Start time и Final time.

Вывод результатов расчётов и анализ системы в режиме постоянных и переходных характеристик

При помощи данного ПО, было проверено, что насос находится в постоянном давлении ограниченном предохранительным клапаном. При состоянии покоя распределителя, поток от насоса идет к резервуару. Идет постоянная потеря мощности. На рис 3 показан сигнал от джойстика управления и перемещения цилиндра. Симуляция продолжится 10 секунд. Во первых, интересно отметить, что при константном сигнале, поток, следовательно и перемещение цилиндра имеет линейную форму. При линейном сигнале, перемещение происходит параболически [5]. Во вторых, как видно на рис 3, постоянная линейной линии при вытяжке и втягивании отличаются. Разумеется, это происходит из-за разности площадей на штоке и поршне [6].

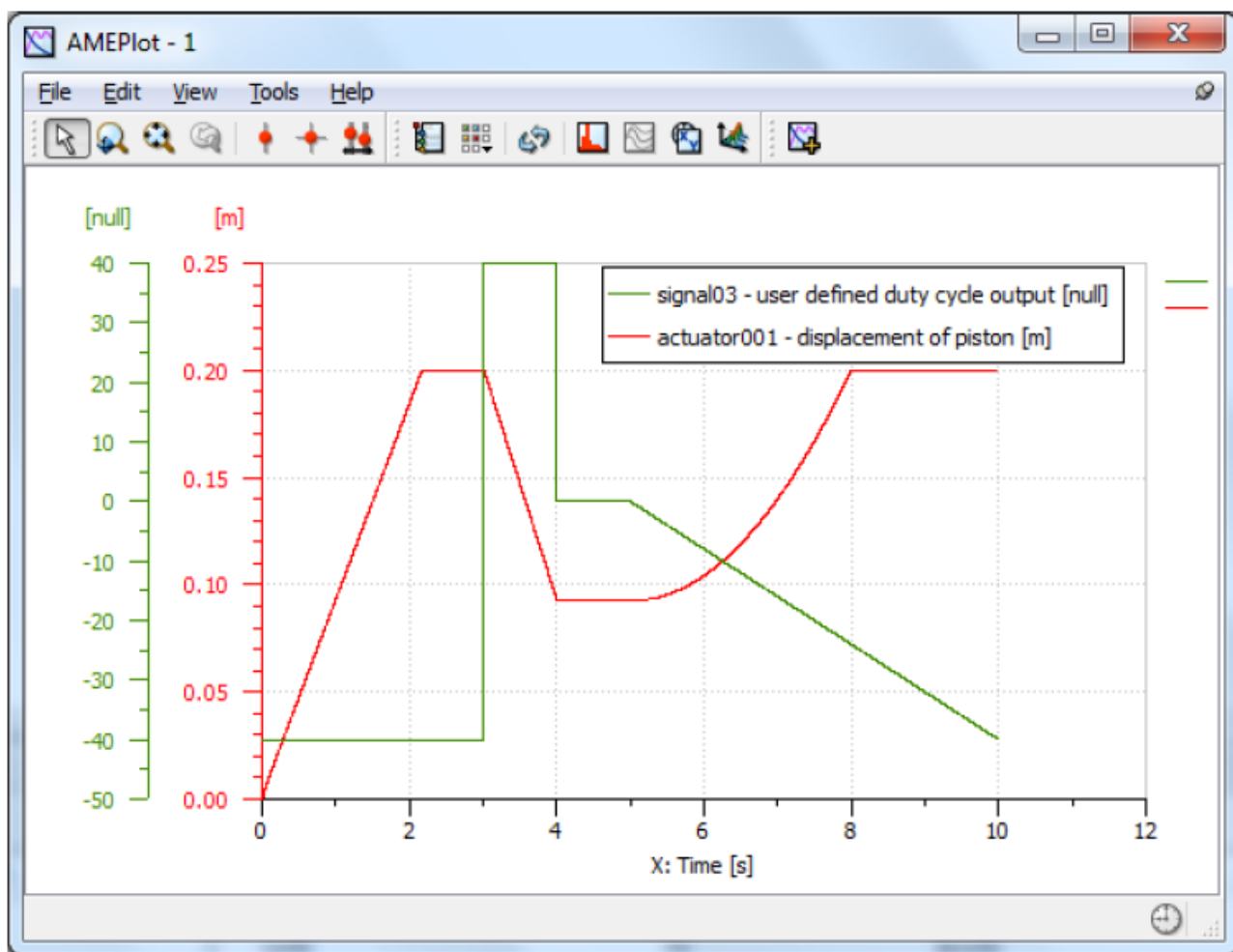


Рис 3. График перемещения груза (красным) и сигнала (зеленым)

eksperimentalnoe_modelirovanie/mehatronika,_modelirovanie/lms_imagine.lab_ame sim/# (дата обращения: 13.11.2014).

3 LMS IMAGINE.LAB - ПЛАТФОРМА AMESIM SUITE. URL: http://www.novatest.ru/equipment/251/258/1d_modelling/299/ (дата обращения: 13.11.2014).

4 Automation Studio. URL: <http://www.automationstudio.com/>(дата обращения: 13.11.2014).

5 Case Study Search Results for Industrial Machinery and Equipment. URL: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/about_us/success/industry-case-studies/industrial-machinery-equipment.shtml (дата обращения: 13.11.2014).

6 Case Study Search Results for Aerospace and Defense. URL: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/about_us/success/industry-case-studies/aerospace-defense.shtml (дата обращения: 13.11.2014).

ПРОБЛЕМЫ WEB-MINING

Т.Д. Мирзонаботов, О.В. Аникина

Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В статье рассматривается актуальная в настоящее время проблема поиска необходимой информации в сети Интернет. Приведен сравнительный анализ наиболее популярных пакетов, предназначенных для сбора информации, представлены преимущества пакета RCrawler как наиболее полного решения для извлечения структурированных данных с web-сайтов.

Ключевые слова: *Web Mining, web-контент, поиск информации, RCrawler.*

WEB-MINING PROBLEMS

T.D. Mirzonabotov, O.V. Anikina

Togliatti State University

Abstract. The article discusses the currently relevant problem of finding the necessary information on the Internet. A comparative analysis of the most popular packages for collecting information is presented, the advantages of the RCrawler package as the most complete solution for extracting structured data from web sites are presented.

Keywords: *Web Mining, Web Content, search for information, RCrawler.*

Глобальная сеть Интернет содержит огромное количество разнородной информации, такой как текстовые файлы, изображения, звук, видео, метаданные, и в настоящее время считается наиболее полным и популярным из общедоступных источников информации. В свою очередь пользователи web-ресурсов при поиске и последующем анализе нужной информации зачастую сталкиваются с множеством проблем.

В исследовании [1] авторы выделяют ряд проблем при работе с информацией из Web. Одной из наиболее популярных проблем является поиск информации, являющейся действительно значимой. Существующие поисковые системы среди множества предложенных ссылок предоставляют небольшой процент действительно нужной и полезной информации. Значительная часть

информации в это время зачастую остается неиндексированной, и, как следствие, не попадает в результаты поиска. Зачастую пользователей поисковых систем интересует решение конкретных проблем, то есть нужны не просто ссылки на web-контент. В результате отбора собранная поисковой системой информация имеет лишь косвенное отношение к проблеме и содержит большое количество нерелевантных сведений. Таким образом встает проблема извлечения полезных знаний [2].

Обучаемость поисковой системы является также важным аспектом. Это означает, что на основе анализа запросов и восприятия пользователем предоставленной информации система должна автоматически подстраиваться под конкретного пользователя.

Для решения перечисленных проблем используется технология Web Mining. Данная технология базируется на методах Data Mining для исследования и извлечения информации из web-документов и web-сервисов.

В применении технологии Web Mining можно выделить ряд этапов [3].

1. Поиск ресурсов. На первом этапе происходит локализация неизвестных документов и сервисов в web-среде.

2. Вторым этапом является автоматическое извлечение необходимой информации из найденных web-ресурсов.

3. На этапе обобщения происходит обнаружение общих шаблонов в отдельных и пересекающихся множествах web-сайтов.

4. На этапе анализа происходит интерпретация найденных шаблонов.

Согласно видам данных, подлежащих извлечению, Web Mining можно разделить на три категории:

1. Извлечение Web-контента (Web Content Mining) – это процесс, заключающийся в извлечении необходимой и полезной информации из содержимого web-документов и сочетающий в себе возможности информационного поиска, машинного обучения и Data Mining. Решает проблемы, связанные с интеллектуальным анализом текста, например, поиск определенной темы, извлечение шаблонов ассоциаций, кластеризация веб-документов и классификация веб-страниц.

2. Извлечение Web-структур (Web Structure Mining) – изучение структуры web-сайта путем представления в виде ориентированного графа, где web-страницы представляют собой вершины, а гиперссылки – дуги, соединяющие связанные web-страницы.

3. Исследование использования Web-ресурсов (Web Usage Mining) основано на извлечении данных из логов web-серверов с целью выявления предпочтений пользователей web-ресурсов. Данный вид анализа можно использовать, например, при оптимизации web-сайта.

Существует ряд методов, с помощью которых происходит извлечение полезной информации из web-ресурсов, таких как содержание, данные, документы и другие. В настоящее время многие компании предоставляют доступ к своим информационным ресурсам не только в виде HTML-страниц, но так и к данным из баз данных организаций, корпоративным порталам и др.

Несомненно, остается некоторая часть данных, к которым доступ невозможен из соображений конфиденциальности.

Основной отличительной особенностью web-ресурсов является разнородность представленной информации. Информация может быть представлена в виде текстовых файлов, изображений, звука, видео, метаданных, а также гиперссылок. По этим причинам технология Web Mining достаточно тесно связана с другими направлениями Data Mining. Например, методы Text Mining используются для анализа текстовой информации, Multimedia Mining используется для анализа изображений, видео- и аудиоинформации.

RCrawler – это пакет среды анализа данных R для выгрузки веб-сайтов и извлечения структурированных данных, что можно использовать для широкого использования полезных применений, таких как web mining, text mining, web content mining и web structure mining. Например, можно выгрузить все опубликованные посты блога или извлечь все данные о продуктах на торговых веб-сайтах, или собрать все комментарии и резюме веб-сайта для индивидуальных исследований отзывов посетителей. Кроме того, RCrawler помогает изучить структуру веб-сайта путем представления в виде сети внешних и внутренних гиперссылок [4].

По мере выгрузки страниц сайта в глобальном окружении R обновляется фрейм данных INDEX, который содержит адрес ссылки, тип контента, состояние http, число выходных и входных ссылок, тип кодирования, уровень. Затем RCrawler создает каталог, содержащий выгруженные веб-страницы.

В таблице 1 представлено сравнение некоторых популярных пакетов для сбора данных.

Таблица 1

Сравнение популярных пакетов для сбора данных

Название пакета	Сканирование	Извлечение информации	Анализ	Описание
scrapeR	-	+	+	Используя URL веб-сайта и шаблоны XPath извлекает с веб-страниц интересующую информацию
Rvest	-	+	+	Извлекает фрагменты из HTML-документов с помощью селекторов XPath и CSS
RCrawler	+	+	+	Сканирование web-сайтов и извлечение их контента с использованием различных методов
RSelenium	-	-	+	Автоматизация браузера

В заключение можно сказать, что пакет RCrawler является лучшим решением для извлечения структурированных данных с web-сайтов. Он прост в использовании, позволяет сканировать и загружать страницы с высокой скоростью и эффективностью, представляет собой полное решение для сбора данных с возможностью настроек параметров поиска.

Список литературы

1. Маннинг К. Введение в информационный поиск / К. Маннинг, П. Рагхаван, Х. Шютце. М.: Вильямс, 2011. С. 528.
2. Технологии анализа данных [Электронный ресурс] // Base Group. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/basic-conceptions> – BaseGroup Labs (дата обращения: 17.11.2018).
3. Web Mining: интеллектуальный анализ данных в сети Internet [Электронный ресурс] // Управление знаниями. URL: <https://sites.google.com/site/upravlenieznaniami/tehnologii-upravlenia-znaniami/text-mining-web-mining/web-mining> (дата обращения: 18.11.2018).
4. RCrawler: An R package for parallel web crawling and scraping [Электронный ресурс] // URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352711017300110> (дата обращения: 18.11.2018)

ВСТРАИВАЕМЫЙ МОДУЛЬ УДАЛЁННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ

С.С. Нагих, В.К. Лунев

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический университет им. И.И.Ползунова»*

Аннотация. Проектирование и разработка образца модуля дистанционного управления электроприборами. Сравнение полученного результата с существующими аналогами.

Ключевые слова: *модуль, розетка, управление, микроконтроллер, Интернет.*

REMOTE DEVICES MANAGEMENT PLUG-IN.

S.S. Nagikh, V.K. Lunev

*Rubtsovsk Industrial Institute (branch) FGBOU VO "Altai State Technical University.
I. I.Polzunov"*

Abstract. Designing and developing sample of a remote control module for electrical appliances. Comparison of the result with existing analogues.

Keywords: *module, socket, control, microcontroller, Internet.*

На сегодняшний день сложно представить современное жилище без бытовых приборов. Обычно их количество внушительное, и со временем постоянно увеличивается. При пожарах часто фиксируются случаи, когда именно техника становится причиной возгорания. Иногда требуется бытовым прибором на расстоянии, а также получать данные о его состоянии. Для этого было разработано данное устройство.

С появлением микроконтроллеров и их широким распространением появилась возможность автоматизировать решение многих повседневных, а также производственных задач.

С развитием сети интернет и появлением поддержки работы с ней у микроконтроллеров широкое распространение получило использование их в качестве «умных» дополнений к бытовым устройствам. Они позволяют управлять устройствами в пределах помещения, а также считывать различные показания. Но установка и настройка подобных устройств достаточно трудоёмка, поэтому не доступна рядовому пользователю.

Целью работы является разработка электротехнического устройства для автоматизации бытовых нужд. Из этого следует ряд задач:

- Увеличение комфорта использования электроустройств;
- Обеспечение пожарной безопасности;
- Уменьшение стоимости подобного оборудования;
- Облегчение настройки устройства для рядового пользователя;
- Исключение человеческого фактора;
- Экономия электроэнергии.

В связи с этим возникает потребность удалённого управления электроприборами для решения этих проблем и мониторинга работы конкретного устройства.

Для решения подобных проблем на рынке уже существует ряд устройств, таких как:

- GSM розетка;
- беспроводная розетка, управляемая по радиоканалу;
- Wi-Fi розетка.

Но эти устройства имеют ряд недостатков:

- Высокая стоимость;
- Ограниченный радиус действия;
- Сложность использования;
- Ограниченность функционала;
- Необходимость использования GSM связи.

Разработанное устройство имеет неограниченный радиус действия, так как для связи использует сеть Интернет, в следствии чего отсутствуют недостатки выше перечисленных аналогов, либо они устранены на архитектурном уровне.

Данное устройство построено на базе микроконтроллера ESP8266. Для доступа к сети Интернет используется встроенный Wi-Fi модуль. Данное устройство имеет один встроенный релейный выход и девять настраиваемых выходов (входов) для управления нагрузками (опроса датчиков).

Принцип работы (рис. 1), используемый в устройстве основан на использовании MQTT протокола. MQTT (Message Queue Telemetry Transport) — упрощённый сетевой протокол, работающий поверх TCP/IP. Используется для обмена сообщениями между устройствами по принципу издатель-подписчик [1].



Рис. 1 – Принцип работы MQTT протокола.

Модуль (подписчик), подключенный к Wi-Fi сети, связывается с сервером (брокером), на котором осуществляет подписки на указанные пользователем топики. Топики представляют собой символы с кодировкой UTF-8. Иерархическая структура топиков имеет формат «дерева», что упрощает их организацию и доступ к данным. Топики состоят из одного или нескольких уровней, которые разделены между собой символом «/» [1]. Пользователь (издатель) в свою очередь может менять значения топиков.

Устройство также, как и пользователь, способно изменять значения заданных для датчиков топиков для осуществления обратной связи.

Для облегчения настройки устройства рядовым пользователем был разработан Web интерфейс, который позволяет настроить до пяти входов для приёма данных от датчиков и до десяти выходов для управления нагрузками.

Web интерфейс модуля удалённого управления устройствами предназначена для автоматизированной настройки, а также позволяет хранить информацию о управляемых устройствах и просматривать справку.

Выводы.

При разработке программной и аппаратной части были решены следующие проблемы:

- Совместить в одном устройстве два режима работы – Web сервер для настройки и Web клиент для работы;
- Запоминание пользовательских настроек в энергонезависимую память устройства (EEPROM).

Собранный модуль управления является усовершенствованным вариантом предыдущего модуля. Он имеет существенно меньшие размеры, использует беспроводное подключение к сети Интернет, обладает гибкой системой настройки понятной пользователю, быстрее реагирует на запросы издателя.

В данный момент устройство работает наиболее рациональным образом, так как используется MQTT протокол, который обладает повышенной безопасностью по сравнению с другими протоколами связи.

Итоговая стоимость разработки такого устройства более чем в 3 раза ниже, чем у аналогов. Также оно имеет существенно больший функционал и универсальность. Данная разработка может быть применена как составная часть умного дома и «Интернета вещей».

Список литературы:

1. Hillar C. MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol / C. Hillar - Packt Publishing, 2017.-280 с.
2. Никсон Р. Создаем динамические веб-сайты, с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5 / Р. Нильсон - М.: Питер, 2016.-768 с.
3. Учебник Javascript [Электронный ресурс], // <http://javascript.ru/>
4. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы ATMEL / А.В. Евстифеев – Додэка-XXI, 2008. – 285 с.

КОНВЕРТАЦИЯ ТЕКСТА В G-КОД ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ШРИФТОВ FONT TO G-CODE CONVERSION

Б.И. Островский

*Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»*

Аннотация. В научной работе рассмотрены способы преобразования текста в g-код для различных шрифтов и дальнейшего его использования в гравировке на станках с числовым программным управлением. Выбран наиболее подходящий для решения данной задачи формат шрифта и методы работы с ним. Создана программа для получения опорных точек символов. Разработан принцип построения библиотеки сгенерированных символов для СЧПУ.

Ключевые слова: *шрифты, гравировка, g-код.*

FONT TO G-CODE CONVERSION

B.I. Ostrovskiy

Moscow State Technological University «STANKIN»

Abstract. The scientific work examines methods of conversation text into g-code for various fonts and its further use on machine tools with numerical control. Chosen the most appropriate font format and methods for working with it. Created the program for getting character reference points. Developed the principle of building a library of generated symbols for the control system.

Keywords: *fonts, engraving, g-code.*

Часто существует необходимость нанесения символов на поверхность материала, например, когда требуется отметить дату изготовления, сроки годности, серийный номер изделия, либо просто отобразить на нем фрагмент текста.

Современные CAD/CAM системы позволяют решить задачи связанные с генерацией g-кода из чертежей и 3-d моделей соответственно с их помощью можно и сгенерировать управляющую программу для нанесения символов. Однако такой способ нельзя назвать эффективным, в связи с тем, что если, например, ошибочно написана лишь одна неправильная буква, то регенерация все равно будет осуществляться для всего текста, что не очень хорошо, так как процесс генерации g-кода каждый раз будет требовать определенных вычислительных ресурсов и времени. К тому же не достаточно

удобно работать с результатами преобразования программы, ведь не совсем понятно где начало и конец того или иного символа.

Хотелось бы иметь более автоматизированный и простой в использовании механизм, который к тому же будет легко встраиваться в систему ЧПУ. Такой механизм планируется создать на основе библиотеки уже сгенерированных символов для различных шрифтов, форматирование которых будет осуществляться при помощи команд системы ЧПУ.

Возникает задача, быстрого получения сгенерированного g-кода для каждого символа для различных шрифтов. В качестве фундамента для решения данной задачи хорошо подходят True Type шрифты. Этот формат самый распространённый на сегодняшний день и представляет собой векторное описание символов шрифта, т.е символы описываются как графические образы, состоящие из квадратичных сплайнов соединяющих серию фиксированных контрольных точек и являющихся решением математических уравнений. Это позволяет их легко масштабировать в горизонтальном и вертикальном направлениях, наклонять символы на определенный угол, воспроизводить только контуры.

Посмотрев содержимое файла ttf, увидим, что он состоит из совокупности таблиц, содержащих необходимую для отображения шрифта информацию: 'glyf' - изображения символов, 'head' - заголовок шрифта, 'hhea' - горизонтальный заголовок, 'hmtx' - горизонтальные метрики, 'loca' - индекс положения, 'maxp' - профиль максимума, 'name' - обозначение, 'cvt' - контрольное значение, 'fpgm' - программа шрифта, 'hdmx' - горизонтальные метрики устройства, 'kern' - кернинг, 'OS/2' - OS/2, 'prep' - программа контрольного значения.

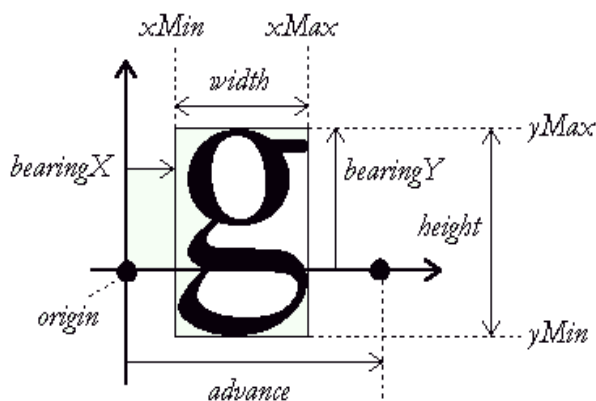


Рис. 1. Метрики глифа

Наибольший интерес представляет таблица 'glyf'. Именно в ней приведены данные, определяющие отрисовку глифов в шрифте. Она включает в себя совокупность точек, описывающих контуры, которые составляют контур глифа, и инструкции, которые соответствуют этому глифу. Таблица 'glyf' содержит определение простых глифов и составных, то есть глифов, которые состоят из других глифов. Получив опорные точки из этой таблицы мы легко сможем составить управляющую программу для каждого символа. Но просто

открыть таблицу как, например, обычный текстовый документ и скопировать координаты точек не получится. Поэтому была написана программа, с использованием библиотеки Drawing2d, позволяющая получить опорные точки для символов в виде XY координат.

```

«S»

X6.6716 Y-2.8733
X6.7387 Y-5.6321
X6.4885 Y-5.6321
X6.3705 Y-4.9404
X6.0806 Y-4.384
X5.6187 Y-3.9628
.....

```

Рис. 2. Вид полученных координат

Создание библиотеки осуществляется для системы ЧПУ «АксиОМА Контрол», которая поддерживает язык высокого уровня основаны на языке С и содержит необходимый набор функций для работы со строками:

- strcpy(string &str1, string &str2) – копирует содержимое строки, где str1 (ссылка на строку-приемник) str2 (ссылка на строку-источник)
- strcat(string &str1, string &str2) – присоединяет строку str2 к строке str1 и помещает новую строку в str1. Строка str2 при этом не изменяется.
- bool strcmp(string str1, string str2) – сравнивает две строки
- long strlen(string str) – возвращает длину строки в символах
- char getcharat(string str1, long pos) – получает символ из строки по заданному индексу
- string substr(string str, long start, long len) – выделяет подстроку из строки, где str – строка; start – индекс начала подстроки; len – длина подстроки.

Принцип работы с библиотекой следующий: при помощи цикла for или while можно пройти всю заданную строку и используя функцию char getcharat(string str1, long pos) получать символы строки для дальнейшего поиска их в библиотеке уже сгенерированных символов с единичным масштабирующим коэффициентом. После чего легко собрать код для целой строки учитывая ширину каждого символа, расстояние между ними и базовую линию.

```

String string1="STANKIN";
long len =strlen(string1);
long nn;
for(nn=0;nn<=len;nn=nn+1)
{
    F100
    if(getcharat(string1,nn) == 'S')
    {
#include «cycles/S.nc»
    }
}

```

Благодаря функции `string substr(string str, long start, long len)` выделяющей подстроку из строки нет необходимости пересобирать заново весь текст, а лишь выделить необходимый участок и работать с ним. Такие действия как: изменения размера, поворота, наклона и другие манипуляции легко производить с помощью команд масштабирования и поворота запрограммированного контур.

Результат работы управляющей программы полученный для шрифта Times New Roman:



Рис. 3. Результат работы управляющей программы

Список литературы

1. Сосонкин В. Л., Мартинов Г. М. Программирование систем числового программного управления : Уч. Пособие. – М.: Логос, 2008. – 344 с.
2. Организация взаимодействия основных компонентов в системе ЧПУ «АксиОМА Контрол» для интеграции в нее новых технологий и решений / Г.М. Мартинов, П.А. Никищечкин, А.С. Григорьев, Н.Ю. Черврнова // Автоматизация в промышленности. 2015. №5. С. 10 – 15.
3. Мартинова Л. И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л. Практические аспекты применения отечественной многофункциональной системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» // Автоматизация в промышленности. 2012 №5. с.36 – 40.

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОХОДА ЗЕРНА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПАЛЬЦЕВОЙ РЕШЁТКЕ СТЯСНОЙ ДОСКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Е.Е. Петров, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал

Донской государственный технический университет

Аннотация. Рассмотрен перспективный способ сепарации вороха в воздушно-решётной очистке зерноуборочного комбайна. Суть способа состоит в эффективной организации и повышении качества сепарации на пальцевой решётке стрясной доски, без использования дополнительных элементов для выравнивания вороха и приводных устройств,

усложняющих конструкцию воздушно-решётной очистки. Устройством реализации является экспериментальная пальцевая решётка стрясной доски. В качестве параметра, характеризующего качество функционирования экспериментальной пальцевой решётки выбран коэффициент прохода зерна. В целях повышения эффективности исследования использована математическая теория планирования эксперимента. В ходе проведения исследования использовались методы: инструментального, прямого и косвенного измерения, статистической обработки данных, математическая теория планирования эксперимента. Исследовано влияние технологических факторов на коэффициент прохода зерна на экспериментальной пальцевой решётке стрясной доски. Создана математическая модель процесса сепарации вороха на экспериментальной пальцевой решётке стрясной доски, позволяющая оценить влияние технологических факторов на коэффициент прохода зерна, характеризующий качество функционирования экспериментальной пальцевой решётки.

***Ключевые слова:** сепарация, качество функционирования, пальцевая решётка, теория планирования эксперимента, математическая модель.*

CREATION OF MATHEMATICAL MODEL FOR ESTIMATING OF GRAIN PASSAGE COEFFICIENT AT EXPERIMENTAL FINGER GRANTS OF COMBINE HARVESTER TRANSPORT BOARD

E.E. Petrov, V.P. Zharov, B.G. Shapoval
Don State Technical University

Abstract. A promising method for separating the heap in air-grating cleaning of a combine harvester is considered. The essence of method is to effectively organize and improve the quality of the separation process at finger grants of the transport board, without the use of additional elements to level heap and drive devices that complicate air-grate cleaning design. The device of realization is experimental finger grants of transport board. As a parameter that characterizes the quality of experimental finger grating operation, the grain passage coefficient is chosen. In order to increase the effectiveness of the research, the mathematical theory of experiment planning has been used. In the course of research methods were used: instrumental, direct and indirect measurement, statistical data processing, mathematical theory of experiment planning. The influence of technological factors on grain passage coefficient at experimental finger grants of transport board is studied. A mathematical model of the process of heap separation at experimental finger grants of transport board has been created, which makes it possible to evaluate the influence of technological factors on the grain passage coefficient characterizing of functioning quality experimental finger grants.

***Keywords:** separation, quality of functioning, finger grants, theory of experimental planning, mathematical model.*

Введение

Основным способом уборки зерновых культур является комбайновый, в котором главная роль принадлежит зерноуборочному комбайну. Одной из важнейших систем зерноуборочного комбайна является воздушно-решётная очистка. Несмотря на проводимые исследования, мировая практика не внесла принципиальных изменений в классическую схему воздушно-решетной очистки. Рассматривая конструкции традиционных и нетрадиционных очисток стоит отметить, что повышение качества сепарации зерна, у современных производителей, достигается, главным образом, путём увеличения площадей очисток, что приводит к повышению металлоёмкости. Повысить эффективность сепарации в воздушно-решётной очистке возможно за счёт его

лучшей организации на пальцевой решётке стрясной доски. Существенными недостатками применяемых, в настоящее время, пальцевых решёток являются низкое качество сепарации, вследствие его низкой организации, а также сложность конструкции. Это обуславливает необходимость проведения исследований и создания пальцевой решётки, обеспечивающей повышение эффективности сепарации.

Для повышения эффективности проводимых исследований необходимо использовать математическую теорию планирования эксперимента. Применение математической теории планирования эксперимента, предусматривает нормальный закон распределения параметров, характеризующих качество функционирования пальцевой решётки [1].

Одним из наиболее существенных параметров, характеризующих качество функционирования пальцевой решётки, является коэффициент прохода зерна. Поэтому создание математической модели, определяющей влияние конструктивных параметров пальцевой решётки зерноуборочного комбайна на коэффициент прохода зерна, является актуальной задачей.

Целью данного исследования являлось создание математической модели, определяющей влияние конструктивных параметров пальцевой решётки зерноуборочного комбайна на коэффициент прохода зерна.

Материалы и методы

Для исследования комплексного взаимодействия, необходимо создать кибернетическую модель системы (факторы – условия – объект исследования – параметры), его отражающую.

Факторы и уровни их варьирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Факторы и уровни их варьирования в натуральных переменных

Фактор	Кодовое обозначение	Уровни факторов		
		$X_i=-1$	$X_i=0$	$X_i=+1$
Длина пальцевой решётки L , мм	X_1	100	300	500
Шаг установки рабочих элементов пальцевой решётки S , мм	X_2	15	20	25
Ширина щели b , мм	X_3	4	8	12
Угол установки скатов к горизонтальной плоскости решётки α , °	X_4	35	45	55
Угол установки пальцевой решётки, относительно стрясной доски β , °	X_5	-10	0	+10

В качестве условий исследования рассматривались:

- состав и свойства приведенного вороха [2];
- режимы работы объекта исследования.

Кибернетическая модель системы (факторы – условия – объект исследования – параметры), иллюстрирующая их взаимосвязь, представлена на рис. 1.

Исследования проводились на стенде с экспериментальной пальцевой решёткой, представленными в [3, 4].

Анализ литературных источников [5, 6] и практика решения задач с помощью методов планирования эксперимента показывают, что в большинстве случаев сепарацию невозможно описать математической моделью первого порядка, ввиду её неадекватности.



Рис. 1. Блок-схема кибернетической модели системы: b — ширина щели; S — шаг установки рабочих элементов пальцевой решётки; α — угол установки скатов к горизонтальной плоскости решётки; β — угол установки пальцевой решётки, относительно стрясной доски; L — длина пальцевой решётки; n — частота колебаний пальцевой решётки; A — амплитуда колебаний пальцевой решётки; V — скорость воздушного потока, создаваемого вентилятором; k_c — коэффициент прохода зерна

Значительная кривизна поверхности отклика, как правило, не позволяет описывать её уравнением даже в весьма узкой области факторного пространства. В таких случаях необходимо описывать исследуемый процесс с помощью полиномов более высоких порядков, например, второго, имеющего вид:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k b_{ij} x_i x_j,$$

где b_0 , b_i , b_{ii} , b_j — коэффициенты, характеризующие силу влияния свободных, линейных, квадратичных и эффектов взаимодействия членов уравнения.

Существует множество планов эксперимента, решающих определённые задачи. При выборе вида плана для конкретного эксперимента необходимо использовать характерный показатель решения задачи, по значению которого оценивается оптимальность найденного решения, то есть, максимальное удовлетворение поставленных требований. Таким показателем является критерий оптимальности плана — мера эффективности плана.

В настоящее время используется свыше 20 различных критериев оптимальности планов [7], которые подразделяются на две основные группы. К первой относят критерии, связанные с ошибками оценок коэффициентов [8, 9,

10]. Они используются при решении задач выделения доминирующих (наиболее значимых) параметров на начальных этапах решения оптимизационных задач или для выявления несущественных параметров в задачах восстановления закономерности функционирования объекта. Ко второй относятся критерии, связанные с ошибкой оценки поверхности отклика [8, 9, 10]. Они используются при решении задач описания поверхности отклика, определения ограничений на значения параметров.

Ввиду того, что для оптимизации параметров сепарации требуется наиболее точное описание поверхности отклика, наиболее предпочтительным является критерий G-оптимальности. Из всего множества G-оптимальных планов, или близких к ним по свойствам, с учётом количества рассматриваемых факторов, наиболее предпочтительным является план Хартли №5. Этот план имеет минимальное количество опытов и предпочтительные статистические характеристики, по сравнению с аналогичными планами, поэтому рекомендуется для создания моделей в виде полинома второго порядка [8, 11].

Матрица плана №5 в кодированных переменных, а также результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Согласно принятому плану было реализовано 27 опытов. Для уменьшения систематических ошибок опыты проводились в случайном порядке. Каждый опыт дублировался три раза.

Таблица 2

Матрица плана и результаты эксперимента

Номер опыта	Уровни факторов					Коэффициент прохода зерна	
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	\bar{y}_{k_c}	\hat{y}_{k_c}
1	-1	-1	-1	-1	+	95,75	95,75
2	+1	-1	-1	-1	-	96,62	96,44
3	-1	+1	-1	-1	-	96,85	96,82
4	+1	+1	-1	-1	+	97,60	97,43
5	-1	-1	+1	-1	-	98,43	98,61
6	+1	-1	+1	-1	+	97,83	97,87
7	-1	+1	+1	-1	+	99,31	99,50
8	+1	+1	+1	-1	-	98,93	98,94
9	-1	-1	-1	+1	-	95,81	95,91
10	+1	-1	-1	+1	+	96,56	96,41
11	-1	+1	-1	+1	+	96,79	96,89
12	+1	+1	-1	+1	-	97,66	97,47
13	-1	-1	+1	+1	+	97,56	97,65
14	+1	-1	+1	+1	-	97,89	97,92
15	-1	+1	+1	+1	-	99,75	100,00
16	+1	+1	+1	+1	+	98,87	98,90
17	-1	0	0	0	0	97,94	98,15
18	+1	0	0	0	0	98,29	98,15
19	0	-1	0	0	0	97,37	97,35
20	0	+1	0	0	0	98,41	98,50
21	0	0	-1	0	0	97,25	97,05
22	0	0	+1	0	0	98,84	99,11

Номер опыта	Уровни факторов					Коэффициент прохода зерна	
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	\bar{y}_{k_c}	\hat{y}_{k_c}
23	0	0	0	-1	0	97,54	97,57
24	0	0	0	+1	0	97,54	97,58
25	0	0	0	0	-1	97,72	97,81
26	0	0	0	0	+1	97,66	97,62
27	0	0	0	0	0	97,89	97,94

Проверка полученных значений оценок дисперсий параллельных опытов на однородность по критерию Кохрена показала, что при выбранном уровне значимости $\alpha=0,05$ и степенях свободы числителя $f_k=2$ и знаменателя $f_{k2}=27$ расчетные значения G_p меньше критического значения $G_k=0,21$ [12], следовательно, гипотеза об однородности дисперсий параллельных опытов справедлива.

После определения оценок коэффициентов, их характеристик и исключения функций из уравнений при статистически незначимых коэффициентах, уравнение регрессии для коэффициента прохода зерна приняло вид:

$$\begin{aligned}
 Y_{k_c} = & 0,20629847x_1^2 - 0,02103030x_2^2 + 0,13602449x_3^2 - 0,36787962x_4^2 - \\
 & - 0,22335907x_5^2 + 0,11486459x_1 + 0,57525911x_2 + 0,91795775x_3 - \\
 & - 0,02389080x_4 - 0,09526637x_5 - 0,06180651x_1x_2 - 0,29761130x_1x_3 + \\
 & + 0,02687500x_1x_4 + 0,07464897x_1x_5 + 0,06180651x_2x_3 + 0,07464897x_2x_4 + \\
 & + 0,02687500x_2x_5 - 0,02687500x_3x_4 - 0,07464897x_3x_5 - 0,06180651x_4x_5 + \\
 & + 97,94288545.
 \end{aligned}$$

По полученному уравнению были рассчитаны значения коэффициента прохода, представленные в табл. 2.

Проверка полученных уравнений на адекватность по F-критерию показала, что при выбранном уровне значимости $\alpha=0,05$ и соответствующих степенях свободы $f_{ад}$ и f_e расчётные значения F_p меньше критического значения F_k . Следовательно, гипотеза об адекватности уравнений справедлива.

После преобразования, уравнение регрессии для коэффициента прохода зерна, в натуральных переменных, приняло вид:

$$\begin{aligned}
 k_c = & 0,00000516L^2 - 0,00084121S^2 + 0,00850153b^2 - 0,00367880\alpha^2 - \\
 & - 0,00223359\beta^2 + 0,00108740L + 0,07533558S + 0,17349705b + 0,30018673\alpha + \\
 & + 0,01126874\beta - 0,00006181LS - 0,00037201Lb + 0,00001344L\alpha + \\
 & + 0,00003732L\beta + 0,00309033Sb + 0,00149298S\alpha + 0,00053750S\beta - \\
 & - 0,00067188b\alpha - 0,00186622b\beta - 0,00061807\alpha\beta + 87,47.
 \end{aligned}$$

Данное уравнение даёт возможность рассчитать значения коэффициента прохода зерна для любых точек, находящихся внутри области изучаемого факторного пространства.

На основании экспериментальных данных (табл. 2) были построены графические зависимости, представленные на рис. 2.

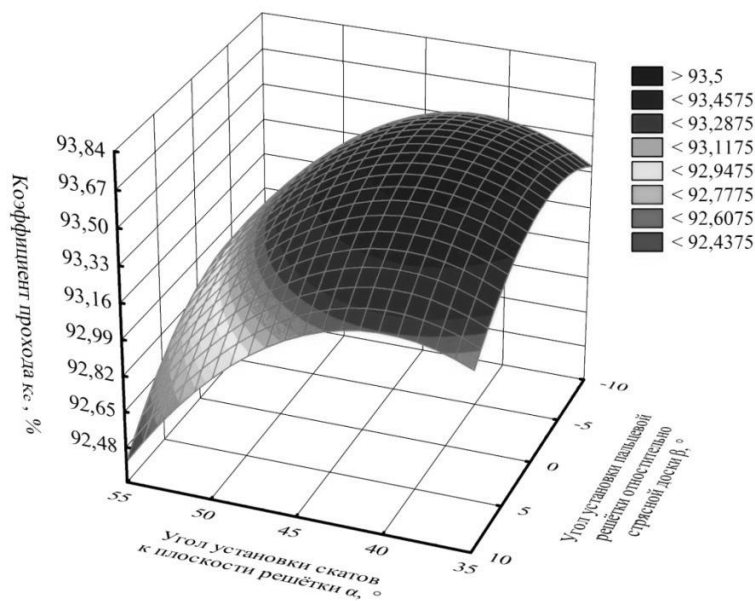


Рис. 2. Зависимость коэффициента прохода зерна от угла установки скатов к горизонтальной плоскости решётки и угла установки пальцевой решётки относительно стрясной доски

Результаты исследования. При исследовании влияния рассматриваемых факторов, в области интереса, на коэффициент прохода зерна, установлено:

- статистически значимыми, в рассматриваемом диапазоне, оказались оценки всех факторов;

- длина пальцевой решётки L существенно влияет на коэффициент прохода зерна, на что указывает оценка коэффициента члена уравнения при x_1 . При этом, с возрастанием значений длины пальцевой решётки, происходит возрастание значений коэффициента прохода зерна по квадратичной зависимости, на что указывает существенная оценка коэффициента члена уравнения при x_1^2 ;

- шаг установки рабочих элементов пальцевой решётки S существенно влияет на коэффициент прохода зерна, на что указывает оценка коэффициента члена уравнения при x_2 . При этом, с изменением значений шага установки рабочих элементов пальцевой решётки, происходит изменение значений коэффициента прохода зерна по квадратичной зависимости, на что указывает существенная оценка коэффициента члена уравнения при x_2^2 ;

- ширина щели b существенно влияет на коэффициент прохода зерна, на что указывает оценка коэффициента члена уравнения при x_3 . При этом, с возрастанием значений ширины щели, происходит возрастание значений коэффициента прохода зерна по квадратичной зависимости, на что указывает существенная оценка коэффициента члена уравнения при x_3^2 ;

- угол установки скатов к горизонтальной плоскости решётки α существенно влияет на коэффициент прохода зерна, на что указывают оценка

коэффициента члена уравнения при x_4 . При этом, с возрастанием значений угла установки скатов к плоскости решётки, происходит возрастание значений коэффициента прохода зерна по квадратичной зависимости, на что указывает существенная оценка коэффициента члена уравнения при x_4^2 ;

- угол установки пальцевой решётки, относительно стрясной доски β существенно влияет на коэффициент прохода зерна, на что указывают оценки коэффициентов членов уравнения при x_5 . При этом, с возрастанием значений угла установки пальцевой решётки, относительно стрясной доски, происходит возрастание значений коэффициента прохода зерна по квадратичной зависимости, на что указывает существенная оценка коэффициента члена уравнения при x_5^2 ;

- присутствие эффекта парного взаимодействия. На что указывают существенные оценки коэффициентов членов уравнения при $x_i x_j$.

Обсуждение и заключения. Анализ результатов опытов и расчётов, уравнений и графических зависимостей показал, что полученные уравнения в кодированных и натуральных переменных, в виде полинома второй степени, адекватно, по критерию Фишера, характеризуют зависимость коэффициента прохода зерна от рассматриваемых факторов при уровне значимости $\alpha=0,05$. Поэтому они могут служить в качестве математических моделей процесса сепарации на пальцевой решётке зерноуборочного комбайна.

Список литературы

1. Петров, Е.Е. Определение закона распределения плотности вероятностей значений коэффициента прохода зерна на экспериментальной пальцевой решётке стрясной доски зерноуборочного комбайна / Е. Е. Петров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55. – № 2. – С. 123-127.

2. Петров, Е.Е. Обоснование состава и свойств вороха, поступающего со стрясной доски на пальцевую решётку, при моделировании процесса сепарации в лабораторных условиях / Е. Е. Петров, А. В. Бутовченко, Б. Г. Шаповал // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Материалы 11-й международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2018. – С. 20-22.

3. Пат. 178042 РФ, МПК А01F 12/44, А01D 41/12. Пальцевая решётка стрясной доски / Петров Е. Е., Бутовченко А. В., Шаповал Б. Г.; заявитель и патентообладатель Донской государственный технический университет. – № 2017143933; заявл. 15.12.2017; опубл. 21.03.2018. Бюл. № 9.

4. Петров, Е.Е. Стенд для исследования процесса сепарации вороха на пальцевой решётке стрясной доски зерноуборочного комбайна / Е. Е. Петров, Б. Г. Шаповал // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (57).

5. Драйнер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Драйнер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.

6. Евдокимов, Ю. А. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа / Ю. А. Евдокимов, В. И. Колесников, А. И. Тетерин. – М.: Наука, 1980. – 228 с.
7. Зедгинидзе, И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгинидзе. – М.: Наука, 1976. – 390 с.
8. Вознесенский, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. – М.: Статистика, 1974. – 192 с.
9. Маркова, Е. В. Комбинаторные планы в задачах многофакторного эксперимента / Е. В. Маркова, А. В. Лисенков. – М.: Наука, 1979. – 345 с.
10. Методика статистической обработки эмпирических данных / Руководящие технические материалы. – М.: Стандартгиз, 1966. – 100 с.
11. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
12. Голикова, Т. И. Построение на кубе планов второго порядка, близких к Б-оптимальным / Т. И. Голикова, Н. Г. Микешина, В. В. Налимов // Заводская лаборатория. – 1967. – № 7. С. 847-852.

УДК 519.688

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ПРОЦЕДУРОЙ СИНТЕЗА БОЛЬШИХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С ЗАДАНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ

Д.А. Петросов

Белгородский государственный аграрный университет

Аннотация. Современные принципы применения генетических алгоритмов в системах поддержки принятия решений базируются на настройке параметров функционирования их операторов. Данный подход позволяет адаптировать эволюционную процедуру к решению задач в различных предметных областях. Однако в задачах структурно-параметрического синтеза моделей больших дискретных систем с заданным поведением изменение параметров функционирования моделей из элементной базы, а также добавление новых моделей элементов приводят к тому, что требуется выполнить перенастройку операторов. В данной работе рассматривается возможность управления параметрами эволюционной процедуры с использованием искусственных нейронных сетей, что позволит адаптировать операторы не только в промежутках между синтезом решений, но и непосредственно в процессе поиска. Такое решение позволит повысить быстродействие систем поддержки принятия решений на основе генетических алгоритмов в различных предметных областях.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, системы поддержки принятия решений, системный анализ, искусственные нейронные сети, генетический алгоритм.

APPLICATION OF THE NEURAL NETWORK APPROACH IN THE PROBLEMS OF MANAGING THE EVOLUTIONAL PROCEDURE OF SYNTHESIS OF GREAT DISCRETE SYSTEMS WITH GIVEN BEHAVIOR

D.A. Petrosov

Belgorod State Agrarian University named after V.Y. Gorina

Abstract. Modern principles of application of genetic algorithms in decision support systems are based on tuning the parameters of the functioning of their operators. This approach allows you to adapt the evolutionary procedure to solving problems in various subject areas. However, in problems of structural-parametric synthesis of models of large discrete systems with a given behavior, changing the parameters of the functioning of models from the element base, as well as adding new models of elements, lead to the fact that it is necessary to perform a reconfiguration of operators. This paper considers the possibility of controlling the parameters of the evolutionary procedure using artificial neural networks, which will allow operators to adapt not only in the intervals between the synthesis of solutions, but also directly in the search process. Such a solution will increase the speed of decision support systems based on genetic algorithms in various subject areas.

Keywords: *intelligent systems, decision support systems, system analysis, artificial neural networks, genetic algorithm.*

В настоящее время в системах поддержки принятия решений структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением большое распространение получает применение генетических алгоритмов. Это обусловлено большим количеством данных, которые требуется обрабатывать при синтезе моделей большой системы, которую можно представить как «черный ящик», то есть внутренние механизмы работы неизвестны и сложны, а известно только поведение системы (способность обрабатывать заданный входной вектор параметров в эталонный выходной, при этом модель системы при обработке данных может проходить через заданные состояния). Поэтому можно говорить о целесообразности применения генетических алгоритмов к решению данной задачи.

При использовании генетического алгоритма требуется проводить его адаптацию к решаемой задаче, это связано с подбором операторов и настройке параметров их функционирования. [1, 3] Данная процедура является довольно сложной и оказывает существенное влияние на быстродействие интеллектуальной системы поддержки принятия решений по структурно-параметрическому синтезу. В процессе изменения элементной базы, на основе которой происходит процедура эволюционного синтеза, возникают проблемы связанные с ухудшением скорости работы системы и качеством предоставляемых решений. В этом случае целесообразно вновь привлекать эксперта и проводить перенастройку параметров функционирования генетического алгоритма.

Данный подход не является оптимальным, поэтому целесообразно разрабатывать новые модели и методы, которые будут способны адаптировать генетические алгоритмы к решаемой задаче не только до начала процедуры интеллектуального синтеза, но и непосредственно при выполнении данной процедуры.

В данной работе предлагается использование нейросетевого подхода в качестве интеллектуального метода решения задачи управления генетическим алгоритмом. Математический аппарат искусственных нейронных сетей получил широкое распространение в задачах распознавания образов [2], поэтому целесообразно оценивать состояние популяции генетического алгоритма в

графическом виде. Для этого можно использовать следующие два графика: минимальное или максимальное значение функции приспособленности, а также количество особей с минимальным или максимальным значением функции приспособленности. На основании данных графиков нужно провести обучение нейронной сети, которая будет способна изменять параметры работы операторов, позволит:

- избегать локальных экстремумов;
- затухания генетического алгоритма и т.д.;

как в промежутках между эволюционными процедурами синтеза, так и в процессе интеллектуального синтеза.

Два этих графика могут быть объединены в один рисунок (пример сходимости показан на рисунке 1) и в дальнейшем на их основе возможно получение собственного алфавита по управлению генетическим алгоритмом с помощью нейронных сетей.

Для получения всех комбинаций состояний популяции следует выполнить ряд вычислительных экспериментов в определенной предметной области, что даст возможность получить их визуализацию и классификацию. Кроме того, требуется привлечение экспертов для составления правил изменения параметров функционирования операторов генетического алгоритма. На основе которых и нужно проводить обучение нейронной сети.

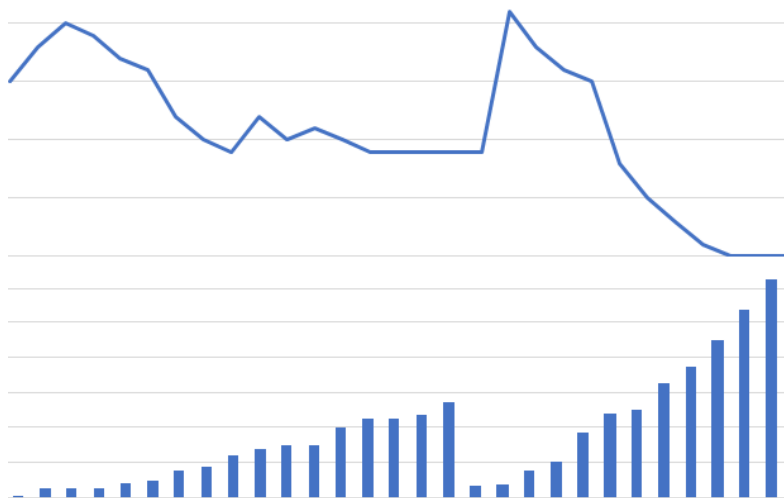


Рис. 1. Пример сходимости генетического алгоритма

Искусственная нейронная сеть применяется как управляющая надстройка над генетическим алгоритмом. Обрабатывает состояние популяции через настраиваемые экспертом интервалы (временной или количество обработанных популяций).

Данный подход позволит повысить быстродействие систем поддержки принятия решений и качество найденных решений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ: № 18-07-00634-а

Список литературы

1. Манжула, В.Г. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных / В.Г. Манжула, Д.С. Федяшов // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 4. С. 108-114
2. Петросов, Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой и набором компонентов на основе сетей Петри /Д.А. Петросов// *Вопросы современной науки и практики*. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. № 6 (20). С. 151-160.
3. Петросов, Д.А. Математическое моделирование формирования конфигураций вычислительной техники с заданным поведением /Петросов Д.А.// *Вопросы современной науки и практики*. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. № 7 (21). С. 113-121.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬТИОБЛАЧНОГО ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ДОСТУПА К УДАЛЕННЫМ РАБОЧИМ ОКРУЖЕНИЯМ И ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

П.Н. Полежаев, Л.В. Легашев

Оренбургский государственный университет

Аннотация. в данной статье описываются структурная и имитационная модели функционирования мультиоблачного центра коллективного доступа к удаленным рабочим окружениям и программному обеспечению. Формализуется структура центра в виде мультиграфа виртуальных центров обработки данных, представлены имитационные схемы запуска, а также функционирования сервисов, поддерживающих модели Software as a Service и Desktop as a Service.

Ключевые слова: *структурная модель, имитационное моделирование, мультиоблачный центр, Desktop as a Service.*

MODELING OF MULTI-CLOUD CENTER FOR COLLECTIVE ACCESS TO REMOTE WORKING ENVIRONMENTS AND SOFTWARE

P.N. Polezhaev, L.V. Legashev

Orenburg State University

Abstract. This paper describes the structural and simulation models of multi-cloud center for collective access to remote working environments and software. The structure of center is formalized as multigraph of virtual datacenters. The simulation schemes for launching and functioning of services with Software as a Service and Desktop as a Service models are presented.

Keywords: *structural model, simulation modeling, multi-cloud center, Desktop as a Service.*

В настоящее время региональные системы образования различных областей и республик Российской Федерации характеризуются высоким уровнем информатизации. В большинстве образовательных учреждений имеются компьютеры, подключенные к сети Интернет, однако в силу нерегулярного финансирования компьютерный парк обновляется медленно, в результате используемое аппаратное и программное обеспечение быстро

устаревает. Период полного обновления компьютеров может достигать до 20-25 лет. Также в современных тяжелых экономических условиях бюджеты образовательных организаций сокращаются, в то время как цены на вычислительную технику значительно выросли в связи с практически 100% импортом комплектующих. Это означает, что период полного обновления компьютеров в ближайшее время будет еще выше.

Другой проблемой информатизации общего образования является недостаточный уровень оснащения школ платными программными продуктами в связи с высокой стоимостью лицензий. Чаще всего, в системе общего образования предполагается использование открытых бесплатных программных продуктов для операционной системы Linux. Однако администрирование Linux довольно трудоемко, требует высокой квалификации технического персонала. Кроме того, открытые продукты обычно обладают урезанным функционалом или не удовлетворяют приемлемому уровню качества.

Таким образом, традиционная схема использования программных продуктов приводит к риску снижения уровня информатизации общего образования, ухудшению качества подготовки школьников в области современных информационных технологий.

Для решения данных проблем нами было предложено использование облачных технологий, предполагающих виртуализацию и перенос вычислительных ресурсов в центры обработки данных поставщиков облачных услуг (приватных или публичных). Облачная система может работать на основе механизма DaaS (Desktop as a Service, рабочий стол в качестве сервиса), направленного на предоставление каждому учащемуся виртуальной машины и виртуального окружения (виртуального рабочего стола) со всем необходимым для обучения установленным программным обеспечением. Доступ к виртуальному окружению осуществляется учащимися удаленно с использованием компьютеров образовательных организаций (которые могут иметь устаревшую конфигурацию) или мобильных устройств (ноутбуков, планшетных компьютеров, смартфонов).

Ранее авторами был разработан «Методический электронный образовательный центр» [1-4]. В рамках данного исследования планируется расширить его функциональные возможности за счет более эффективного планирования и масштабирования сервисов, а также использования SaaS сервисов в образовательных целях.

Рассмотрим структурную модель мультиоблачного центра коллективного доступа к удаленным рабочим окружениям и программному обеспечению. Мультиоблачный центр может быть формализован в виде следующего набора параметров:

$$MultiCloud = (VDataCenters, VpnConnections, Providers, ServiceTemplates, CInfrastructure),$$

где $VDataCenters = \{VDataCenter_i\}_{i=1, \overline{N}}$ – множество виртуальных ЦОД (центров обработки данных), развернутых у провайдеров облачных услуг;

$VpnConnections = \{VpnConnection_i\}_{i=1, \overline{K}}$ – множество VPN-подключений между ними (прямые или через дополнительную VPN-инфраструктуру), $Providers = \{Provider_i\}_{i=1, \overline{M}}$ – набор используемых провайдеров публичных облачных услуг, $ServiceTemplates = \{ServiceTemplate_i\}_{i=1, \overline{Z}}$ – шаблоны сервисов, $CInfrastructure = \{Controllers, Portals, LoadBalancers\}$ – общая инфраструктура мультиоблачного центра, включая управляющие контроллеры ($Controllers$), Web-порталы ($Portals$) и балансировщики нагрузки ($LoadBalancers$).

Каждый виртуальный ЦОД может быть формализован в виде следующего вектора:

$$VDataCenter_i = (VMPools_i, Services_i, Images_i, Provider_i),$$

где $VMPools_i = \{VMPool_{ij}\}_{j=1, \overline{L_i}}$ – пулы виртуальных машин, используемых для назначения сервисов, $Services_i = \{Service_{ij}\}_{j=1, \overline{G_i}}$ – облачные сервисы, запущенные в виртуальном ЦОД, $Images_i = \{Image_{ij}\}_{j=1, \overline{H_i}}$ – дисковые образы виртуальных машин, $Provider_i$ – провайдер, на базе которого развернут виртуальный ЦОД.

VPN-подключение между виртуальными ЦОД проходит через Интернет и может формализовано следующим образом:

$$VpnConnection_i = (\{FVDataCenter_i, SVDataCenter_i\}, MaxBandwidth_i^{VPN}, Bandwidth_i^{FS}(t), Bandwidth_i^{SF}(t)).$$

Здесь $FVDataCenter_i, SVDataCenter_i \in VDataCenters$ – виртуальные ЦОД, между которыми установлено подключение, $MaxBandwidth_i^{VPN} \in R^+$ – максимальная пропускная способность подключения (Мбит/с), $Bandwidth_i^{FS}(t) \in [0, MaxBandwidth_i]$ и $Bandwidth_i^{SF}(t) \in [0, MaxBandwidth_i]$ – текущие пропускные способности соответственно по направлениям от $FVDataCenter_i$ к $SVDataCenter_i$ и наоборот в момент времени t .

Между двумя виртуальными ЦОД может быть несколько параллельных VPN-подключений. Таким образом, $MultiCloud$ представляет собой неориентированный мультиграф, в качестве вершин которого выступают виртуальные ЦОД $VDataCenters$, в качестве ребер – VPN-подключения $VpnConnections$.

Каждый провайдер облачных услуг $Provider_i$ формализуется в виде вектора:

$$Provider_i = (VMTemplates_i, RunCost_i, StoreCost_i, InNetCost_i, OutNetCost_i),$$

где $VMTemplates_i = \{VMTemplate_{ij}\}_{j=1, \overline{D_i}}$ – множество шаблонов виртуальных машин, $RunCost_i : VMTemplates_i \rightarrow R^+$ – стоимость выполнения в минуту виртуальной машины, созданной на основе заданного шаблона, $StoreCost_i : Images_i \rightarrow R^+$ – стоимость хранения ее дискового образа,

$InNetCost_i : VMTemplate_i \rightarrow R^+$ и $OutNetCost_i : VMTemplate_i \rightarrow R^+$ – соответственно стоимости входящего и исходящего трафика за мегабайт. Учет стоимостных показателей позволит по ним формализовать оптимизационные задачи планирования, масштабирования и миграции сервисов.

Шаблон виртуальной машины $VMTemplate_{ij}$ описывается следующим кортежем:

$$VMTemplate_{ij} = (NCores_{ij}, Performance_{ij}, RAM_{ij}, MaxBandwidth_{ij}^{Temp}),$$

где $NCores_{ij} \in N$ – количество вычислительных ядер, $Performance_{ij} \in R$ – относительная производительность вычислительных ядер, $RAM_{ij} \in N$ – размер оперативной памяти в мегабайтах, $MaxBandwidth_{ij}^{Temp} \in R^+$ – максимальная пропускная способность в мегабитах в секунду.

Формализуем шаблон виртуальной машины $ServiceTemplate_i$ следующим образом:

$$ServiceTemplate_i = (ServiceType_i, Image_i),$$

где $ServiceType_i \in \{ 'DaaS', 'SaaS', 'CaaS' \}$ – тип сервиса (DaaS – Desktop as a Service, SaaS – Software as a Service, CaaS – Computations as a Service), $Image_i$ – используемый дисковый образ.

Далее рассмотрим подробнее параметры виртуального ЦОД $VDataCenter_i$. Пул виртуальных машин $VMPool_{ij}$ – это группа виртуальных машин $VMs_{ij} = \{ VM_{ijk} \}_k$, построенных на базе одних и тех же шаблона ($VMTemplate_{ij} \in VMTemplate_i$) и дискового образа ($Image_{ij} \in Images_i$), используемая для назначения одних и тех же сервисов:

$$VMPool_{ij} = (VMs_{ij}, VMTemplate_{ij}, Image_{ij}).$$

Служба $Service_{ij}$ характеризуется вектором:

$$Service_{ij} = (Instances_{ij}, ServiceTemplate_{ij}, InpRequests_{ij}(t)),$$

где $Instances_{ij} = \{ Instance_{ijk} \}_k$ – запущенные экземпляры сервиса, $ServiceTemplate_{ij}$ – шаблон сервиса, $InpRequests_{ij}(t)$ – поток входящих запросов к сервису, появившихся к моменту времени t . Каждый экземпляр сервиса $Instance_{ijk} = (VM_{ijk})$ характеризуется назначенной виртуальной машинной VM_{ijk} , при этом сам экземпляр сервиса может запускаться как непосредственно на виртуальной машине, так и внутри контейнера, который запущен на ней.

Дисковый образ $Image_{ij}$ описывается кортежем:

$$Image_{ij} = (HDD_{ij}, ImageType_{ij}),$$

где $HDD_{ij} \in N$ – размер жесткого диска в мегабайтах, $ImageType_{ij}$ – тип дискового образа. Все дисковые образы заранее подготовлены и содержат все необходимые программы, библиотеки и конфигурации.

При необходимости структурная модель мультиоблачного центра может быть расширена, чтобы детализировать сетевую составляющую работы виртуального ЦОД (наложенные сети) и контейнеров.

На базе структурной модели может быть описана имитационная модель мультиоблачного центра.

Формализуем имитационную схему функционирования мультиоблачного центра в части обработки заявок на запуск сервисов (см. рис. 1).

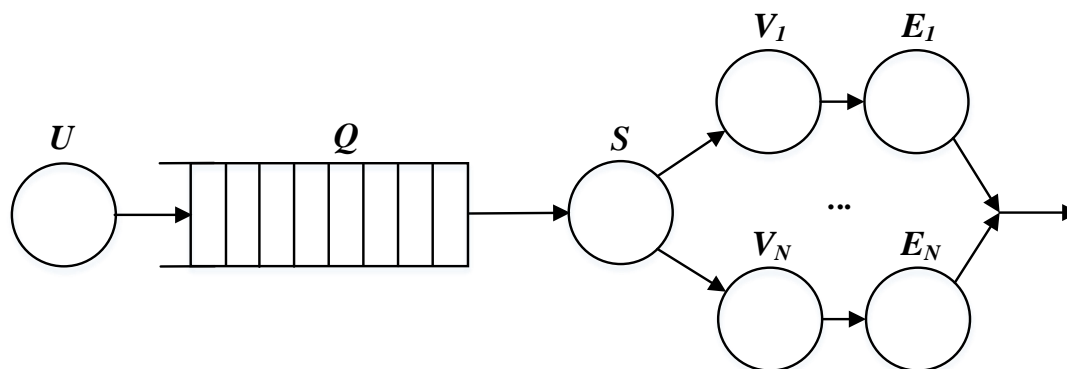


Рис. 1. Имитационная схема обработки заявок на запуск сервисов

Здесь источник U генерирует поток заявок на запуск сервисов в мультиоблачной платформе, которые помещаются в очередь Q . Из Q они извлекаются каналом обслуживания S , который является глобальным планировщиком. S извлекает заявку из очереди, определяет подходящий виртуальный ЦОД и передает заявку его локальному планировщику (одному из каналов V_1, \dots, V_N), тот выбирает один из существующих пулов виртуальных машин, если есть подходящий или создает новый пул. Каналы обслуживания E_1, \dots, E_N моделируют временные затраты на развертывание сервиса в пуле виртуальных машин.

Каждая заявка на запуск сервиса характеризуется следующими параметрами:

$$Request_i = (NInstances_i, ServiceTemplate_i, ArrivalTime_i, Duration_i),$$

где $NInstances_i \in N$ – первоначально запрашиваемое количество экземпляров сервиса, $ServiceTemplate_i \in ServiceTemplates$ – используемый шаблон сервиса; $ArrivalTime_i \in N \cup \{0\}$ – время поступления заявки на запуск сервиса в секундах, $Duration_i \in N$ – продолжительность работы сервиса в секундах.

На рисунке 2 представлена имитационная схема функционирования DaaS сервиса.

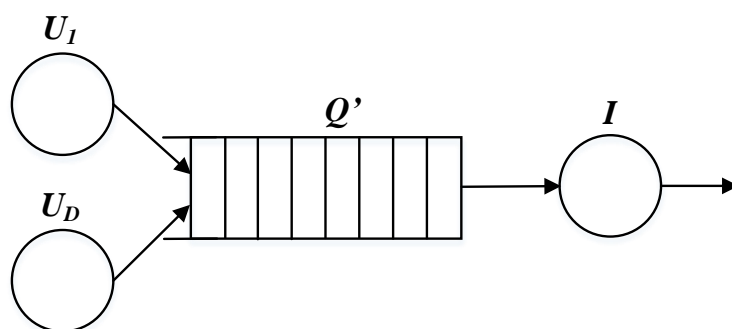


Рис. 2. Имитационная схема функционирования DaaS сервиса

Источники-пользователи U_1, \dots, U_N генерируют запросы на осуществление действий внутри виртуальной машины, которая моделируется каналом обслуживания I . Предварительно заявки помещаются в очередь Q' . Внутри виртуальной машины, соответствующей каналу обслуживания I , пользователи работают либо в отдельных сессиях операционной системы, либо внутри изолированных контейнеров. Канал обслуживания I хранит состояние между выполнением запросов пользователей (запущенные программы и их состояние).

На рисунке 2 представлена имитационная схема функционирования SaaS сервиса.

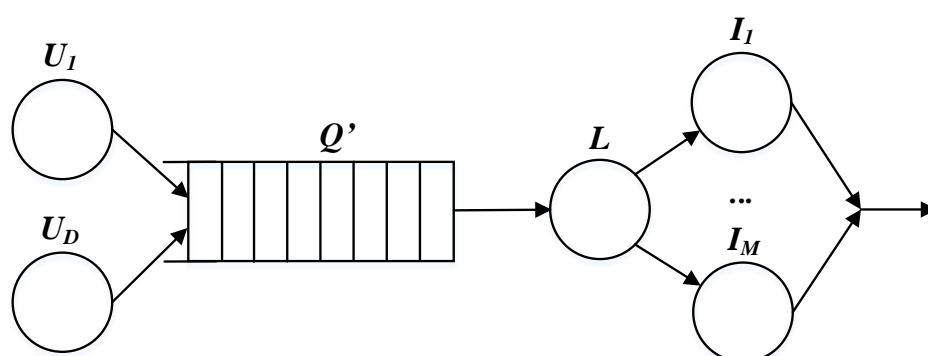


Рис. 3. Имитационная схема функционирования SaaS сервиса

В отличие от предыдущей схемы, здесь из очереди Q' заявка извлекается балансировщиком нагрузки, который распределяет ее на один из каналов обслуживания I_1, \dots, I_M , которые представляют собой экземпляры SaaS сервиса.

Данная схема может быть адаптирована для работы любого другого сервиса, который не хранит состояние и поддерживает распределение нагрузки на несколько экземпляров через балансировщик нагрузки.

На основе существующих наборов данных [5, 6], а также статистики, собираемой в ранее разработанном авторами «Методическом электронном образовательном центре» [1], будут определены законы распределений и их параметры для заявок и каналов обслуживания.

В настоящей статье формализованы структурная и имитационные модели мультиоблачного центра коллективного доступа к удаленным рабочим окружениям и программному обеспечению. Они лягут в основу симулятора мультиоблачного центра, который будет использоваться для разработки и оценки эффективности работы алгоритмов планирования и масштабирования облачных сервисов.

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Оренбургской области (проекты 18-37-00460 мол_а, 18-47-560017 и 18-07-01446) и гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-1624.2017.9.

Список литературы

1. Методический электронный образовательный центр Министерства образования Оренбургской области и Оренбургского государственного университете // Оренбургский государственный университет, 2018. – Режим доступа: <http://56bit.ru/>

2. Болодурина И.П., Лабузов В.А., Шухман А.Е., Полежаев П.Н., Ушаков Ю.А., Легашев Л.В. Разработка информационного портала для доступа образовательных организаций оренбургской области к методическим информационным ресурсам и программным продуктам // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2017. - С. 3054-3064.

3. Bolodurina I., Legashev L., Polezhaev P., Shukhman A., Ushakov Yu. Virtual Working Environment Scheduling of the Cloud System for Collective Access to Educational Resources //International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation. – Springer, Cham, 2018. – P. 671-677.

4. Bolodurina I., Legashev L., Polezhaev P., Shukhman A., Ushakov Yu. Ant Colony Algorithm for Building of Virtual Machine Disk Images Within Cloud Systems //International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation. – Springer, Cham, 2018. – P. 701-706.

5. GitHub – Azure/AzurePublicDataset: Microsoft Azure VM trace //GitHub, Inc., 2018. – Режим доступа: <https://github.com/Azure/AzurePublicDataset>

6. GitHub - google/cluster-data: Borg cluster traces from Google //GitHub, Inc., 2018. – Режим доступа: [view-source:https://github.com/google/cluster-data](https://github.com/google/cluster-data)

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ОТ НЕОПТИМАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ УСЛУГ: ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Р.Р. Рамазанов

Башкирский государственный университет

Аннотация. По Оутсу автономность субъектов федеративного государства позволяет локальным органам власти эффективнее удовлетворять потребности местного населения, а возникающий вследствие этого неоднородный ландшафт регионов с разными параметрами корзин общественных услуг создает для граждан условия выбора. Каждый индивид,

стремясь минимизировать свои потери от неоптимального потребления общественных услуг, «голосует ногами» за ту юрисдикцию, предложение которой максимально соответствует его спросу.

Статья посвящена анализу общественных потерь, возникающих вследствие несовпадения индивидуальных предпочтений граждан относительно общественных услуг.

Ключевые слова: федерализм, гипотеза Тибу, миграция, общественное благо, теорема Оутса о децентрализации, агент-ориентированное моделирование.

ECONOMIC LOSSES FROM NON-OPTIMAL CONSUMPTION OF PUBLIC SERVICES: A GRAPHICAL ANALYSIS

R.R. Ramazanov

Bashkir State University

Abstract. According to Oates, the autonomy of subjects of a federal state allows local authorities to more effectively meet the needs of the local population, and the resulting heterogeneous landscape of regions with different parameters of public service baskets creates conditions for citizens to choose. Each individual, striving to minimize his losses from the non-optimal consumption of public services, “votes with his feet” for the jurisdiction whose offer most closely matches his demand.

The article is devoted to the analysis of social losses arising due to the discrepancy between individual preferences of citizens regarding public services.

Keywords: federalism, Tiebout hypothesis, migration, public good, Oates theorem on decentralization, agent-based modeling.

Проблема гетерогенности предпочтений создает естественные трудности для государства при определении объема и характера общественных услуг, необходимых для групп населения, проживающих в разных экономических зонах [5]. Унифицированный подход к определению нужд населения в большом государстве влечет потери для общества, которые объясняет следующая классическая схема (рис. 1).

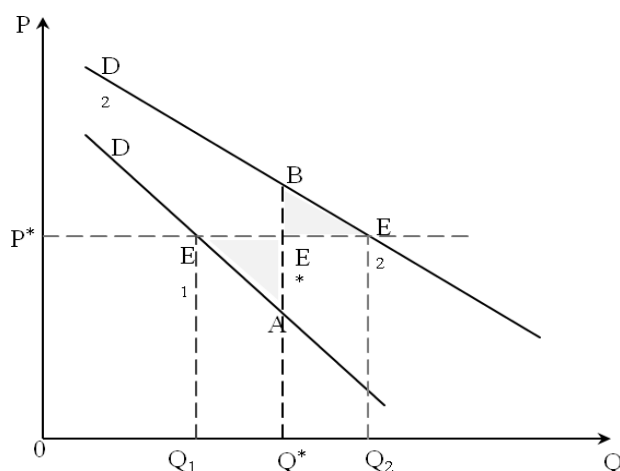


Рис. 1. Потери при применении унифицированного подхода к определению предпочтений населения

Предположим, что страна представлена двумя группами населения с отличающимися предпочтениями. На графике линии D_1 и D_2 отражают функции их спроса на некоторое общественное благо, где P – цена единицы блага, Q – объем. Предположим, что P^* – предельная цена общественного блага – имеет фиксированный характер. При цене P^* первая группа предъявляет спрос на объем Q_1 , вторая – на Q_2 . Площадь прямоугольника $OP^*E_1Q_1$ – эквивалентна затратам первой группы; площадь $OP^*E_2Q_2$ – затратам второй.

Теперь представим, что государство, определяя объем предоставляемого блага Q^* , использует агрегированную функцию спроса, по сути, усредняя объем спроса этих групп. Объем потребляемого блага первой группой населения увеличился на $(Q^* - Q_1)$; потребление второй – сократилось на величину $(Q_2 - Q^*)$.

Дополнительные затраты первой группы отражает площадь прямоугольника $Q_1E_1E^*Q^*$. Рассмотрим эту фигуру подробнее. Область, находящаяся ниже кривой спроса D_1 отражает сумму возросших затрат, которую добровольно готова платить первая группа в связи с увеличившимся потреблением. Площадь треугольника E_1E^*A – эквивалентна потерям группы в связи с необходимостью потреблять благо по неоптимальной для нее цене.

Сокращение затрат второй группы при унифицированном подходе соответствует площади прямоугольника $Q^*E^*E_2Q_2$. При фиксации цены на уровне P^* вторая группа предпочла бы потреблять больший объем блага. Площадь треугольника E^*BE_2 отражает потери для общества в связи с недопотреблением второй группы.

Таким образом, при унифицированном подходе государства к определению общественных предпочтений первая группа будет нести потери из-за необходимости платить за невостребованные объемы блага, а вторая группа – из-за неудовлетворенных потребностей. Суммарные потери для общества будут равны общей площади закрашенных серым цветом треугольников [10].

В такой ситуации становится очевидной неэффективность использования унифицированного подхода. В связи с данной проблемой В.Е. Оутсом была сформулирована теорема, которая получила широкое распространение как «Теорема о децентрализации». Формулируется она следующим образом: *«Для локальных общественных благ, потребление которых осуществляется географически локализованным подмножеством всего населения и для которых издержки производства любого уровня выпуска властями каждого административно-территориального образования одинаковы и равны издержкам центрального правительства, всегда более эффективно, или по крайней мере, не менее эффективно, обеспечение на местном уровне»* [1, 2]. Посылка теоремы формируется на основе предположения об асимметричности информации, создающей условия, при которых локальное управление всегда лучше осведомлено о предпочтениях местного населения.

Способность локальной бюрократии лучше отражать предпочтения местного населения является главным фактором, говорящим в пользу федеративных принципов в государственном устройстве и управлении. А

наличие нескольких юрисдикций с разными наборами общественных благ и налоговых тарифов гипотетически создает возможность выбора для граждан. Выбирая юрисдикцию для проживания, люди тем самым «голосуют за нее ногами». В этом состоит суть гипотезы Тибу [3, 7]. Самуэльсон отмечает, что возможность выбора локации проживания позволяет выявить реальные предпочтения людей и приблизиться к достижению Парето-эффективности [9].

Переместим фокус нашего внимания на микроуровень и проанализируем индивидуальные потери граждан от несовпадения их предпочтений относительно общественных услуг. Для простоты рассмотрим ситуацию с одним общественным благом и тремя типами индивидов (А, В, С). Каждому типу, помимо индивидуальной функции спроса, будет присуща своя функция предложения. Аналитическое представление этих функций приведено в таблице 1.

Таблица 1

Функции спроса и предложения индивидов			
	Тип А	Тип В	Тип С
Спрос (D)	$P(Q) = 2 - Q$	$P(Q) = 3 - Q$	$P(Q) = 4 - Q$
Предложение (S)	$P(Q) = Q$	$P(Q) = Q - 1$	$P(Q) = Q - 2$

Дадим графическое представление этим функциям. На рисунке 2 мы можем видеть, что индивид типа А достигает равновесия в точке с координатами (1; 1). Это говорит о том, что за единицу блага он готов заплатить цену 1. По такой же цене индивид В готов приобрести благо в объеме 2; индивид С – объем 3.

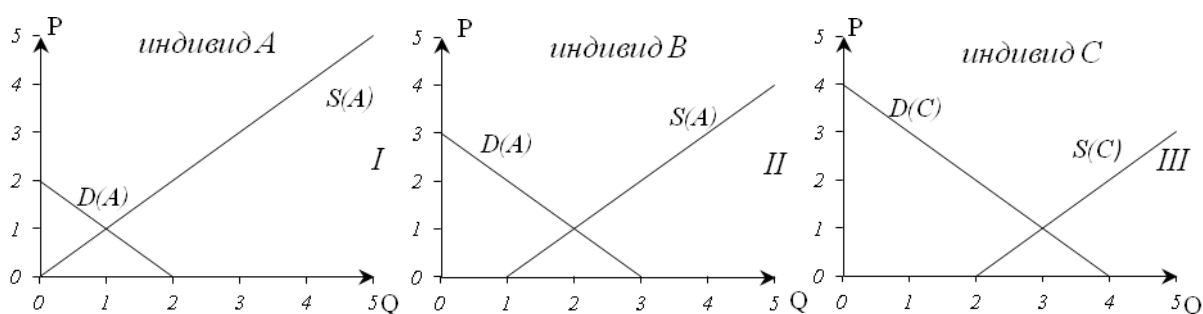


Рис. 2. Индивидуальные функции спроса и предложения для трех типов индивидов

Предположим, что некий регион состоит из 50-ти индивидов типа А, 70-ти индивидов типа В и 100 индивидов типа С. Его усредненные кривые спроса и предложения будут описываться следующими функциями.

$$P_{Dr}(Q) = \frac{50 \cdot (2 - Q) + 70 \cdot (3 - Q) + 100 \cdot (4 - Q)}{50 + 70 + 100} = 3.23 - Q \quad (1)$$

$$P_{Ds}(Q) = \frac{50 \cdot Q + 70 \cdot (Q - 1) + 100 \cdot (Q - 2)}{50 + 70 + 100} = Q - 1.23 \quad (2)$$

Точка пересечения кривых (ф. 1, 2) определяет равновесный объем и цену услуги в регионе (рис. 2, I). Региональное равновесие по-разному согласуется с предпочтениями его жителей. На рисунке 3 в пункте II площадь заштрихованной фигуры отражает экономические потери одного индивида типа А, в пункте III фигура отражает потери индивида типа В, в пункте IV – потери индивида типа С. Сложив потери всех индивидов, мы получим совокупные экономические потери всех жителей региона.

Графический анализ наглядно демонстрирует, что сложившиеся в регионе общественные предпочтения закладывают в группу индивидов типа А самый высокий миграционный потенциал – при данной конфигурации они несут наибольшие экономические потери. Вторыми по неудовлетворенности, несмотря на численное доминирование в регионе, выступают индивиды типа С. Минимальные потери несут индивиды типа В. Соответственно, они обладают наименьшим миграционным потенциалом.

Изменения состава населения региона, связанные с оттоком части неудовлетворенных агентов или притоком новых, могут существенно влиять на параметры регионального равновесия. Его сдвиги создают для индивидов, находящихся внутри и вне региона, новую ситуацию выбора.

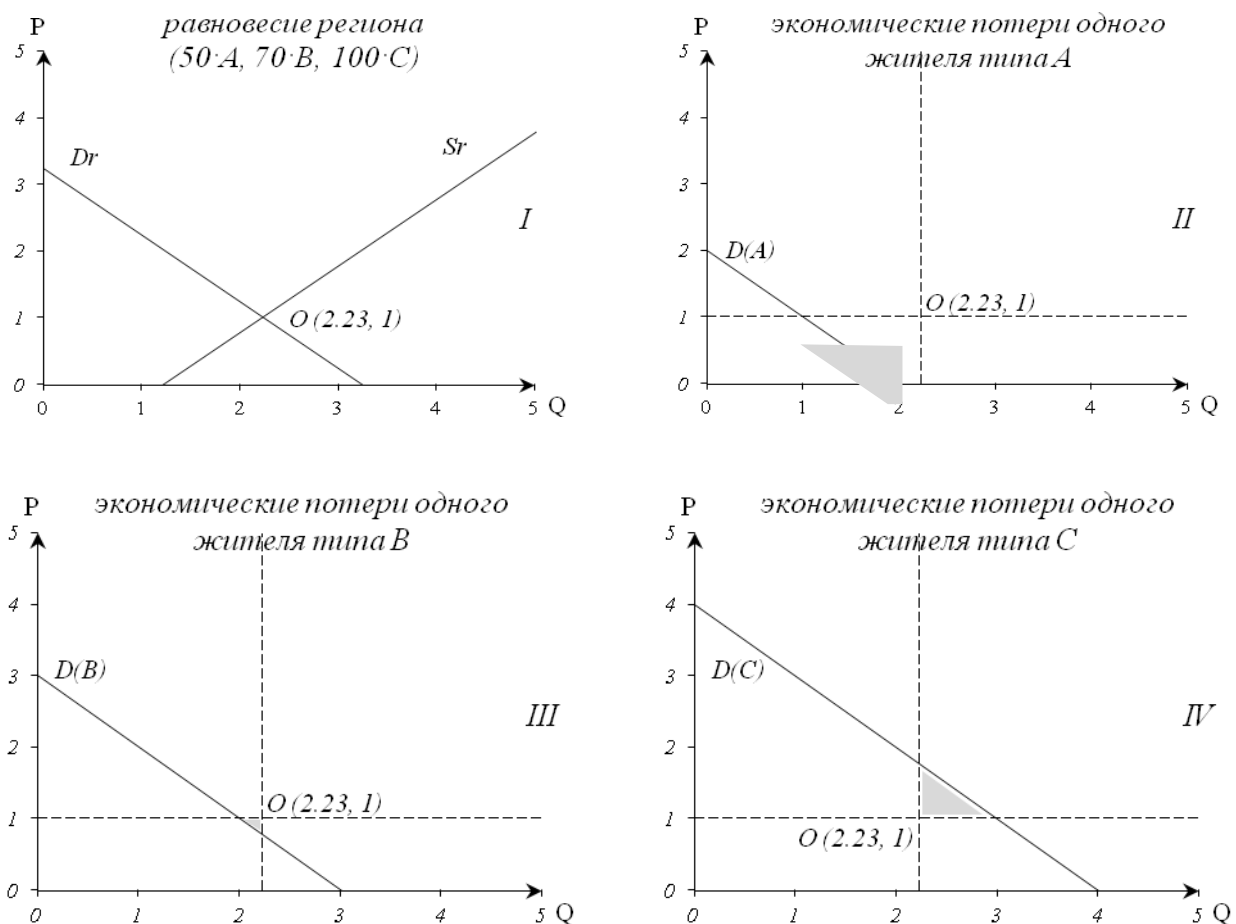


Рис. 3. Экономические потери индивидов

Результаты проведенного анализа будут использованы при формализации агентных моделей федерализма и интерпретации результатов их реализации. С помощью них планируется исследовать вопрос влияния «голосования ногами» на динамику общественных потерь, а также исследовать другие вопросы межрегиональной миграции внутри федеративного государства.

Проблемы федерализма включают в себя множество факторов. Теоретическая насыщенность данной области создает трудности при попытке объединить все концепции в единое целое. Для достижения этой цели множество субъектов с пересекающимися связями и несовпадающими целями должны быть формализованы в рамках единого подхода. Таким подходом может стать агент-ориентированное моделирование [1,8,6].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-06-00532а.

Список литературы

1. Oates, Wallace E. 1972. Fiscal Federalism. NY: Harcourt Brace Jovanovich. 1978. «The Changing Structure of Intergovernmental Fiscal Relations,» in *Secular Trends of the Public Sector*. H. Recktenwald, d. Paris: Editions Cujas, pp. 151-60.

2. Oates, Wallace, E. 1999. «An Essay on Fiscal Federalism». *Journal of Economic Literature*, 37 (3): 1120-1149.

3. Tiebout C. A. Pure Theory of Local Expenditures// *The Journal of Political Economy*. – 1956. – Vol.64. – N5. – P. 416–424.

4. Бахтизин А. Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика. 2008.

5. Зулькарнай И. Государство как фирма по предоставлению общественных услуг // *Общество и экономика*. 2006. № 5. С. 74-115.

6. Зулькарнай И.У. Мультиагентный подход к разработке региональной политики по размещению учреждений высшего образования по территории страны // *Искусственные общества*. 2017. Т. 12. № 3-4. С. 5.

7. Рамазанов Р.Р. Применение модели Ч.Тибу к исследованию миграционных процессов на основе агент-ориентированного подхода // В сборнике: Математические методы и модели в исследовании государственных и корпоративных финансов и финансовых рынков Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической конференции. 2015. С. 144-147.

8. Рамазанов Р.Р. Мультиагентное моделирование в естественных и социальных науках // *Искусственные общества*. 2018. Т. 13. № 3. С. 7.

9. Самуэльсон П.Э. Чистая теория общественных расходов // *Вехи экономической мысли Том 4. Экономика благосостояния и общественный выбор / Под общ. ред. А. П. Заостровцева*. – СПб: Экономическая школа, 2004. – С. 371–376.

10. Якобсон Л.И., Колосницына М.Г. Экономика общественного сектора. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 558 с.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

М.Д. Романенко, А.С. Столярчук

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Проведена статистическая обработка результатов измерения локальных деформаций поликристаллического материала при виброползучести (циклической ползучести). Дан сравнительный анализ данных, полученных при статическом и в начальной фазе циклического нагружений. При этом предварительно применена процедура сглаживания экспериментальных результатов методом скользящей средней.

Высказывается предположение, что обнаруженная трансформация функции плотности распределения локальных деформаций несет двойственную информацию. Во-первых, – о изменениях механизма пластического деформирования металла в начале процесса виброползучести. Во-вторых, – о появлении сопутствующих усталостных повреждений.

Ключевые слова: *циклическая ползучесть; локальные деформации (повреждения); статистическая обработка, метод скользящей средней.*

STATISTICAL STUDYING OF LOCAL DEFORMATIONS AT CYCLIC CREEP

M.D. Romanenko, A.S. Stolyarchuk

Volgograd state technical University

Abstract. The measurements results statistical processing of polycrystalline material local deformations at vibrocreep (cyclic creep) is conducted. The comparative analysis of the data obtained at static and in the initial phase of cyclic loadings is given. At the same time, the smoothing the experimental results procedure by the method of moving averages was previously applied.

It is suggested that the transformation of the local deformations density function carries dual information. Firstly, about changes in the metal plastic deformation mechanism at the beginning of the vibration creep process. Secondly, about the appearance of concomitant fatigue damage.

Keywords: *cyclic creep; local deformations (damages); statistical processing, moving average method.*

Повреждение конструкционного поликристаллического материала при «комнатной» температуре на локальном внутризеренном уровне от циклической ползучести в области малоциклового усталости, как известно [1-3], имеет сложную природу: деформационные повреждения (без нарушения сплошности – структурные деформации) и усталостные повреждения (с нарушением сплошности – микропоры, трещины и пр.). Разделение этих двух типов позволило бы сформулировать адекватную математическую модель указанного процесса, учитывающую как усталостные повреждения (от циклического характера нагружения), так и деформационные (от механизма «холодной ползучести»). Однако до настоящего времени методика такого разделения не разработана. Одним из возможных инструментов для решения этой задачи, по нашему мнению, может явиться статистический анализ экспериментальных данных, полученных путем измерения локальных деформаций.

Как показано ранее [4,5], на внутризеренном уровне локальные пластические (остаточные) деформации имеют для реальных поликристаллических материалов неоднородный характер. Причем этот факт сохраняется в широком спектре температур, при различных видах агрессивных сред, а также схемах деформирования (растяжение, кручение, изгиб) и их сочетаний, то есть имеет место при разных видах напряженно-деформированного состояния [6-8]. Экспериментально эта неоднородность подтверждается и при различных типах циклических нагрузок в условиях как малоциклового, так и чистой усталости [3,9,10]. Однако в литературе до настоящего времени крайне мало работ по сравнительному анализу неоднородности деформаций при статическом нагружении и в начальной фазе циклической ползучести, хотя проблемы, возникающие при решении такой задачи в общей постановке серьезно обсуждались [1,3]. В связи с этим, целью настоящего исследования является проведение такого анализа.

Циклическая ползучесть изучалась на цилиндрических полированных образцах, выполненных из стали марки 20 в состоянии поставки. Средний размер зерна, выявленный металлографическим способом после травления азотной кислотой находился в интервале 80...100 мкм. База измерения деформаций принималась 20 мкм, что составляет 1/4...1/5 от размера зерна. Это позволяло с помощью оптической микроскопии ($\times 300$) статистически исследовать в совокупности как внутризеренные, так зернограничные деформации. Изучение остаточных деформаций проводилось по методике, описанной ранее [3-5]. Объем выборки ($m = 100$) позволял достоверно изучать статистический характер неоднородности. Измерения проводились: а) при статическом испытании (число циклов $N = 1$); б) при неустановившейся циклической ползучести ($N = 1510$ циклов); в) в начале установившейся циклической ползучести ($N = 38160$ циклов). Для получения максимальной скорости виброползучести образцы подвергались повторному отнулевому растяжению, то есть асимметрия цикла принималась равной нулю.

За основу исследований принят анализ экспериментальных функций плотности распределения вероятностей пластических деформаций, предложенный ранее, и достаточно полно разработанный рядом авторов [4,5,8,11,12]. Для проведения такого анализа использовалась программа Findgraph ver. 2.392.

На рис. 1 представлены полученные экспериментальные результаты в виде функций плотности распределения вероятностей линейных локальных деформаций, измеряемых вдоль первого главного макронапряжения, для трех указанных выше вариантов. Причем эти результаты предварительно подвергнуты

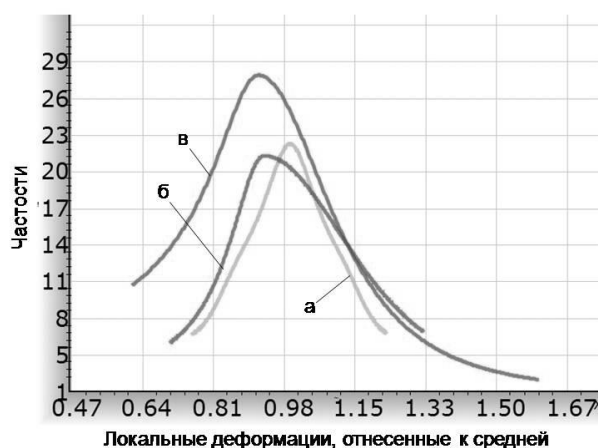


Рис. 1. Функции плотности распределения вероятностей деформаций при числах циклов N : а – 1; б – 1510; в – 38160

сглаживанию по методике скользящей средней [13]. Ширина «окна» при этом принималась $\Delta t = 10$.

Процедура сглаживания в настоящее время широко применяется в различных прикладных задачах. В статистической экономике – для сглаживания числовых рядов (в первую очередь, временных). Например: для оценки валового внутреннего продукта (ВВП), показателей занятости и других макроэкономических индикаторов. В технических задачах – при обработке дискретных сигналов, анализе сложных систем и пр. Этот метод обычно выступает либо в качестве самостоятельного индикатора, либо в составе других инструментов [13].

Представленные нами данные показывают, что даже после процедуры сглаживания неоднородный характер деформирования не исчезает. Последнее достаточно надежно подтверждает следующий факт: удаление путем сглаживания случайных всплесков любой природы (инородные включения в металле, в том числе неметаллические; методические погрешности; субъективные ошибки при измерении и обработке данных и пр.) принципиально не меняет неоднородности. Однако количественный анализ основных статистических параметров распределения локальных деформаций показал их различие при статическом (а) и циклическом (б; в) характерах нагружений (табл. 1). Как видно из таблицы законы распределения также меняются.

Таблица 1

Основные статистические параметры

Вариант	Закон распределения	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса
а	Inverse Polynomial	0,906	-0,071	-0,636
б	Asym. Pearson	2,470	0,086	-0,630
в	Pearson	3,700	0,765	0,358

Для более детального исследования обнаруженных отклонений (циклических характеристик от статических) проводился сравнительный анализ результатов по следующей методике: изучалось отклонение экспериментальных данных циклической природы от статической. Результаты такого анализа в виде экспериментальных функций плотности распределения вероятностей представлены на рис. 2. Примененная методика позволяет статистически анализировать характер изменений, возникающих в процессе циклического нагружения, то есть фактически выявить появление повреждений от собственно процесса циклической ползучести (за вычетом статической неоднородности!).

Как видим, происходит резкое искажение функций плотности распределения. В обоих случаях закон распределения еще более усложняется: появляется значительная асимметрия различного характера, меняется коэффициент эксцесса и даже наблюдается переход к распределению бимодального типа. Происходящие количественные изменения параметров и аттестация законов распределения приведены в табл. 2.

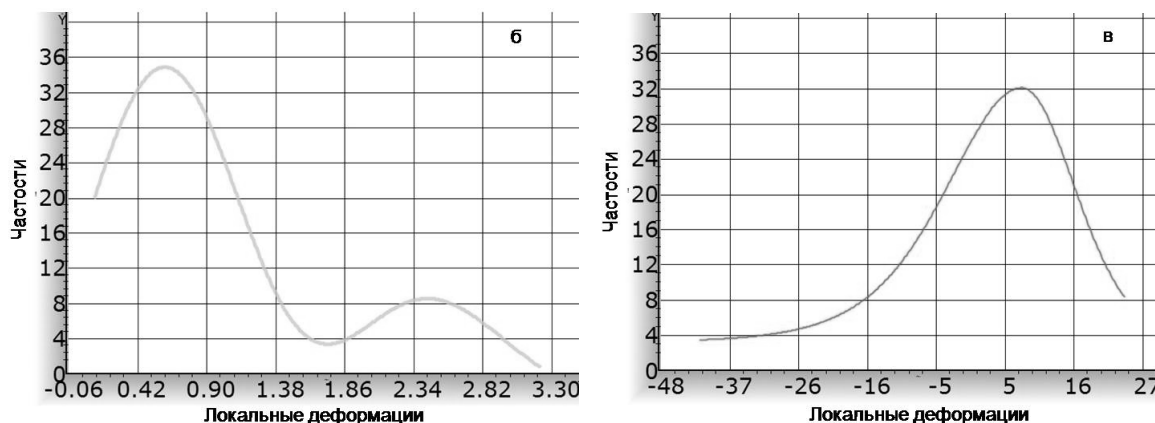


Рис. 2. Функции плотности распределения вероятностей за вычетом статической неоднородности (обозначения см. на рис. 1)

Представленные результаты, по нашему мнению, косвенно отображают, с одной стороны, возможно возникающие при циклических нагрузках

Таблица 2

Сравнительный анализ статистических параметров

Вариант	Закон распределения	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса
б	Edgeworth-Cramer	1,440	1,117	0,681
в	Asym. Pearson	1,050	-1,079	1,150

изменения механизма деформирования [6] (включение новых плоскостей скольжения, активизацию диффузионных процессов и пр.), а, с другой, – уже могут свидетельствовать о появлении повреждений циклической природы – микротрещин. Последнее можно наглядно проиллюстрировать по функциям (см. рис. 2) и статистическим параметрам (см. табл. 2) неоднозначными

изменениями при переходе от неустановившейся (б) к установившейся (в) ползучести.

Более глубокое изучение выявленных тенденций, очевидно, требует применения металлографических, акустических, электронно-микроскопических, рентгеноструктурных и других более «тонких» методов исследований.

В данной работе с применением современных статистических методов обработки дискретных сигналов (локальных деформаций) сравнительным анализом показаны искажения вероятностной картины деформирования с переходом от статических к повторно-статическим нагрузкам, чего не удавалось выявить ранее без применения методики скользящей средней. Обнаруженные искажения интерпретируются, в том числе, и как возможное статистическое отображение появления циклических повреждений исследованного поликристаллического материала, возникающих уже в самом начале циклической ползучести.

Список литературы

1. Статистические закономерности малоциклового разрушения / Н. А. Махутов, В. В. Зацаринный, Ж. Л. Базарас [и др.]. – М.: Наука, 1989. – 252 с.
2. Механическое поведение материалов при различных видах нагружения / В. Т. Троценко, А. А. Лебедев, В. А. Стрижало [и др.]. – Киев: Логос, 2000. – 571 с.
3. Багмутов, В. П. Влияние поверхностного слоя на статистический характер необратимых мезодеформаций и повреждение металлов при циклических нагружениях / В. П. Багмутов, А. С. Столярчук, В. Н. Арисова // Вопросы материаловедения. – 2002. – №1 (29). – С. 364-372.
4. Гурьев, А. В. Исследование микроособенностей деформации реальных сплавов / А. В. Гурьев, Л. В. Кукса, Ю. Д. Хесин // Известия АН СССР. Металлы. – 1967. – №2. – С. 122-129.
5. Кукса, Л. В. Методика расчета элементов конструкций из структурно-неоднородных материалов с учетом анизотропии физико-механических свойств, масштабных и геометрических факторов / Л. В. Кукса, Л. М. Арзамаскова, Е. Е. Евдокимов // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. статей. – № 10 (48) / ВолгГТУ. – Волгоград. – 2008 (Сер. Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении, вып. 2). – С. 112-118.
6. Богданов, Е. П. Статистические критерии текучести для различных механизмов сдвигообразования / Е. П. Богданов, В. В. Косарчук, С. А. Котренко // Проблемы прочности. – 1990. – №3. – С. 35-40.
7. Шишкин, Н. В. О механизме деформации поликристаллических материалов в диапазоне 77...973 К / Н. В. Шишкин, Т. Б. Алхименков // Металловедение и прочность материалов: сб. науч. работ. – Волгоград. – 1986. – С. 16-24.
8. Шишкин, Н. В. Экспериментальное исследование одномерных плотностей распределения структурных деформаций / Н. В. Шишкин, Т. Б.

Алхименков // *Металловедение и прочность материалов: межвуз. сб. науч. трудов.* – Волгоград. – 1989. – С. 38-52.

9. Гурьев, А. В. Особенности развития локальных микронеоднородных деформаций и накопление усталостных повреждений в углеродистых сталях / А. В. Гурьев, В. Я. Митин // *Проблемы прочности.* – 1978. – №11. – С. 19-23.

10. Гурьев, А. В. Об обратимости пластической деформации при повторно-переменных нагружениях / А. В. Гурьев, Г. М. Мишарев, Ю. Д. Хесин // *Металловедение и прочность материалов: Труды ВПИ.* – Волгоград. – 1970. – С. 62-70.

11. Рыбалко, Ф. П. Статистика распределения пластической деформации в монокристаллах алюминия / Ф. П. Рыбалко, П. М. Катанов // *Структура и свойства твердых тел: Учен. зап. Уральск. ун-та.* – №50. – Свердловск. – 1968 (Сер. физ., №2). – С. 174-179.

12. Вайнштейн, А. А. Исследование неоднородности деформации в алюминиевом сплаве АД-1М / А. А. Вайнштейн, М. А. Кибардин, В. С. Боровиков // *Известия АН СССР. Металлы.* – 1983. – №3. – С. 176-179.

13. Метод скользящей средней. [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Скользящая_средняя. – (Дата обращения 12.11.2018).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ТОПКЕ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Е.К. Сарсембенюв, В.В. Просветлюк, К.В. Меняев

АлтГТУ им. И.И. Ползунова

Аннотация. В данной статье приводится краткий обзор проблем, возникающих при математическом моделировании процессов в топке с кипящим слоем, а также рассматриваются законы, описывающие процессы, протекающие в псевдооживленном слое.

Ключевые слова: *кипящий слой, псевдооживленный слой, моделирование, дифференциальные уравнения.*

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES IN FIREBOX WITH FLUIDIZED BED

E.K. Sarsembenov, V.V. Prosvetlyuk, K.V. Menyayev

Pulzunov Altai State Technical University

Abstract. This article provides an overview of the problems encountered in the mathematical modeling of processes in the furnace of a fluidized bed, and discusses the laws that describe the processes that take place in a fluidized bed.

Keywords: *fluidized bed, modeling, differential equations.*

Фундаментальные основы гидродинамики и тепломасообмена псевдооживленного слоя были заложены в СССР в 60-х годы. Широко известны работы С. С. Забродского, О. М. Тодеса, М. Э. Аэрова, Н. И. Гальперина, В. Г. Айнштейна, А. П. Баскакова. Направление гидродинамики циркулирующего кипящего слоя, в особенности к условиям работы топочных устройств,

получило развитие в ОАО «ВТИ» в конце 80-х годов в сотрудничестве с другими исследовательскими организациями и высшими учебными заведениями. [1]

В псевдоожигенном слое могут развиваться крупномасштабные циркуляционные движения фаз. Теория конвективной неустойчивости псевдоожигенного слоя, основанная на использовании линеаризованных уравнений гидромеханики, позволяет предсказать возможность возникновения циркуляционных течений в псевдоожигенном слое и описать начальный этап развития таких циркуляционных течений. Однако при достаточно больших значениях амплитуд возмущенных значений гидромеханических характеристик нелинейными членами в уравнениях гидромеханики пренебречь уже нельзя и необходимо рассматривать нелинейную задачу. В принципе циркуляционные течения могут быть описаны на основе нелинейных уравнений гидромеханики псевдоожигенного слоя. Однако эти уравнения, в силу их нелинейности, удается решить только для ограниченного числа частных случаев. [1]

Казалось бы, что мы имеем дело с двухфазной системой частицы топлива – твёрдые частицы, но в данном случае систему можно рассматривать как однофазную, так как имеются только распределённые параметры полей скоростей, температур и т.д. Также особенностью является то, что все течения фаз в псевдоожигенном слое являются турбулентными. Поэтому моделирование данных процессов имеет ряд проблем и вопросов. Из-за высоких скоростей в частиц фаз в топке зачастую возникает абразивный износ поверхностей нагрева и поэтому математическое моделирование поможет в разрешении данной проблемы.

Механика псевдоожигенного слоя строится на основе законов сохранения массы и количества движения, поэтому далее рассмотрим баланс массы и количества движения для газовой и твёрдой фаз псевдоожигенного слоя. Введем в рассмотрение величину q , имеющую смысл отнесенной к единице объёма и единице времени массы газа, поглощаемой твёрдыми частицами. Другими словами, в объёме dV псевдоожигенного слоя за промежуток времени dt твёрдыми частицами поглощается масса $dM=q \cdot dV \cdot dt$. Рассмотрим в момент времени t некоторый объём псевдоожигенного слоя V , ограниченный поверхностью S . [1]

Уравнения баланса массы для газовой и твёрдой фаз псевдоожигенного слоя имеют вид:

$$\int_V \frac{\partial \rho_1}{\partial t} dV = - \int_S \rho_1 \vec{v}_f \cdot \vec{n} dS - \int_V q dV \quad (1)$$

$$\int_V \frac{\partial \rho_2}{\partial t} dV = - \int_S \rho_2 \vec{v}_s \cdot \vec{n} dS - \int_V q dV \quad (2)$$

где \vec{n} - внешняя нормаль к поверхности S . Воспользовавшись формулой Остроградского – Гаусса

$$\int_V \vec{A} \cdot \vec{n} dS = \int_V \nabla \cdot \vec{A} dV ,$$

где точка обозначает скалярное произведение, из уравнений (1) и (2) получим дифференциальные уравнения сохранения массы (уравнение неразрывности) для каждой из фаз псевдооживленного слоя:

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_1 \vec{v}_f) = q \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho_2}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_2 \vec{v}_s) = -q \quad (4)$$

При описании движения совокупности твердых частиц, взвешенных в потоке газа, можно использовать различные подходы. С одной стороны, движение твердых частиц и движение газа в промежутках между частицами можно исследовать, используя уравнения Ньютона, описывающие движение газа. Однако возникающие при этом вычислительные трудности практически неопределимы, а избыточная информация, которая получается при таком подходе, бесполезна при решении практических задач.

С другой стороны, можно применять более грубый способ описания подобной физической системы, основанный на предположении о том, что поток оживающего агента и совокупность твердых частиц можно рассматривать как взаимопроникающие взаимодействующие сплошные среды. Такой подход тем не менее дает возможность получить информацию об исследуемой физической системе, достаточную для практических целей. [1]

В промежутках между соударениями движение твёрдой частицы описывается с помощью уравнений:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{u}$$

$$m \frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{f}_p + mg\vec{i}$$

где m – масса твёрдой частицы; \vec{f}_p - сила, действующая на твёрдую частицу со стороны обтекающего её потока газа.

Выше были изложены проблемы, возникающие при моделировании процессов в псевдооживленном слое и приведены основные уравнения, которые лежат в основе моделей. Исходя из неустойчивости режимов и неравномерного распределения значений полей различных скалярных величин, которые являются основными параметрами, характеризующую данную сплошную среду, можно сказать, что данные уравнения в рамках различных моделей данного процесса можно решать только численными методами, так как аналитически их нельзя решить в силу их нелинейности и турбулизации течений. Для решения задач с помощью численных методов, таких как метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объёмов, требуются компьютеры с высокими параметрами и характеристиками. [1]

Список литературы

1. Протодьяконов И.О., Чесноков Ю.Г. Гидромеханика псевдооживленного слоя. – Л.: Химия, 1982. – 264 с, ил. – (серия «Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии»).

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАНАЛОВ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ OPENVPN И SSH

А.В. Скрыпников, А.А. Скрыпников

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. Рассмотрены разные технологии создания защищенных корпоративных сетей, используя VPN – технология OpenVPN, которая лидирует на рынке построения защищенных сетей, в то время как туннелирование при помощи SSH только начинает входить в повседневность. Для того чтобы понять какую технологию необходимо применить в реальных условиях при конкретных требованиях, предъявляемых корпоративной сети, нужно оценить их производительность и обосновать их достоинства и недостатки. С помощью клиентской части генерируется трафик и отправляется на серверную часть. При получении данных генерируется отчет о скорости передачи данных.

Ключевые слова: *Виртуальные частные сети, туннелирование, SSH, OpenVPN.*

PERFORMANCE EVALUATION OF CORPORATE NETWORK CHANNELS WHEN USING OPENVPN AND SSH TECHNOLOGY

A.V. Skrypnikov, A.A. Skrypnikov

Voronezh State University of Engineering Technologies

Abstract. Different technologies for creating secure corporate networks are considered using VPN — the OpenVPN technology, which is leading the way in the construction of secure networks, while tunneling with SSH is just beginning to enter everyday life. In order to understand what technology must be applied in real conditions with the specific requirements of the corporate network, you need to evaluate their performance and justify their advantages and disadvantages. Using the client side, traffic is generated and sent to the server side. When data is received, a data transfer rate report is generated.

Keywords: *Virtual private networks, tunneling, SSH, OpenVPN.*

Для построения графиков производительности канала созданного при помощи OpenVPN использовались данные, полученные при экспериментальном тестировании.

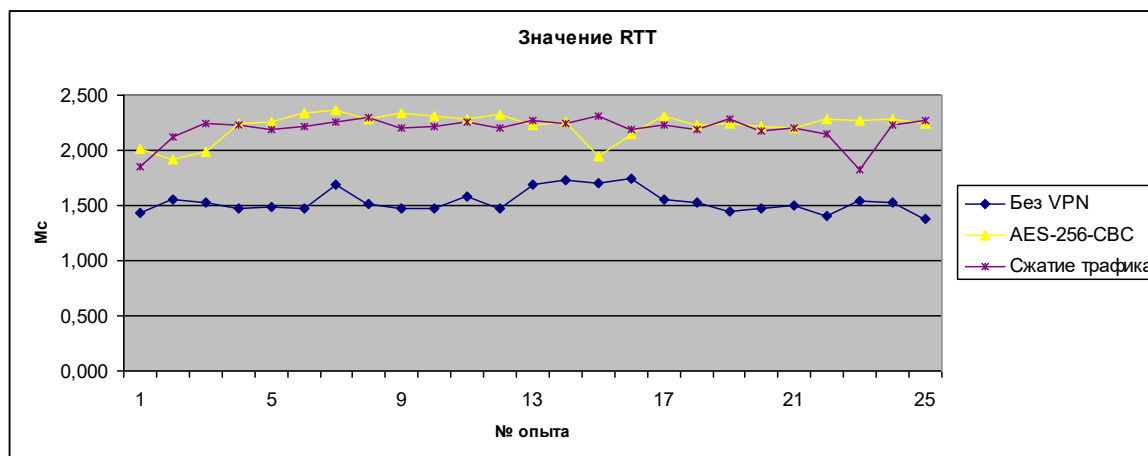


Рис. 1. Графики значений RTT

На рис. 1. представлены графики значений RTT. Из них видно, что разница между каналом без VPN и каналом с использованием VPN, не является существенной. Также включение опции сжатия не влияет на время отклика[1].

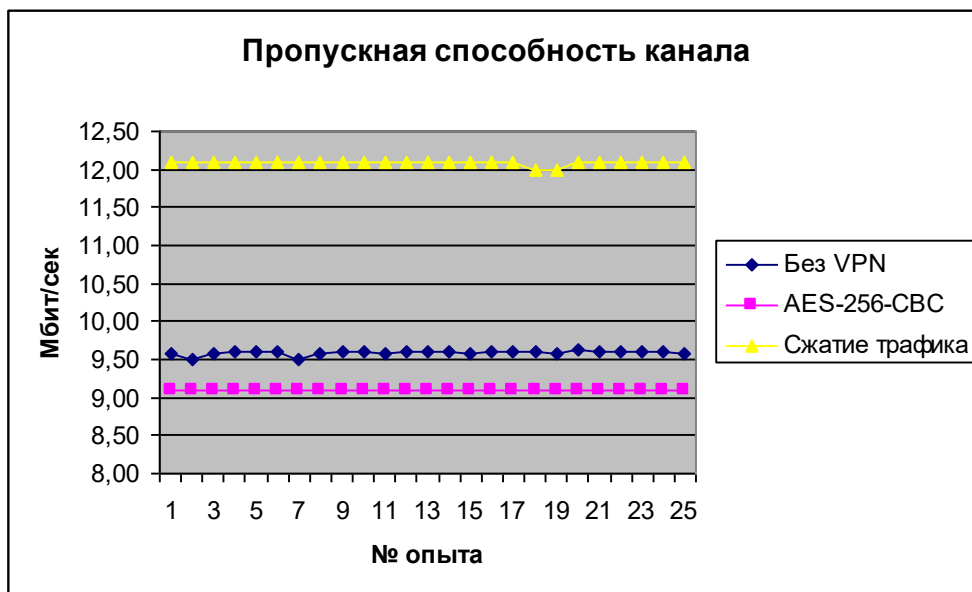


Рис. 2. Графики пропускной способности канала

На рис. 2. представлены графики пропускной способности канала, из которых можно сделать следующие выводы:

- При использовании созданного канала VPN с шифрацией с помощью ключа AES-256-CBC потеря в производительности 0,5 мбит/сек[2], что составило 5,1% от канала без использования VPN;
- При включении сжатия шифрованного трафика наблюдается прирост скорости в 3 мбит/сек, что составляет 32.9%.

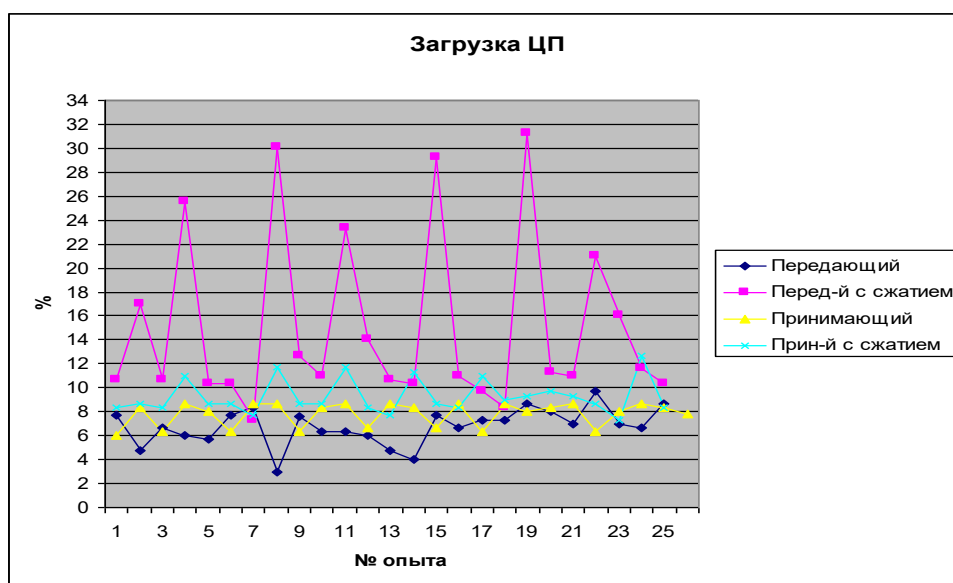


Рис.3. Графики загрузки ЦП

На рис. 3. представлены графики загрузки ЦП на маршрутизаторах при использовании OpenVPN с шифрацией трафика, при включенном и отключенном сжатии. По средним значениям загрузки, как и полагалось, самую высокую нагрузку дает шифрация трафика с использованием сжатия – 14.992%.

Основываясь на полученных графиках, производится оценку производительности каналов VPN, построенных при помощи OpenVPN.

1. Критерий «Загрузка ЦП» при полученных значениях является несущественным, так как это маршрутизатор и других процессов требующих большое потребление ЦП нет;

2. Критерий «RTT» также является несущественным, так как разница от времени отклика при опытах без VPN оказалась меньше всего на 0,5 мс;

3. На графиках пропускной способности каналов можно наблюдать падение скорости при использовании средств VPN на 0,5 мбит/сек в среднем. В настоящее время это не является существенным, так как Интернет-провайдеры предоставляют свои услуги на больших скоростях, где такое падение не будет играть большой роли.

4. При использовании сжатия трафика виден заметный прирост к пропускной способности канала, на 3 мбит/сек. Конечно при этом сильно возрастает загрузка на ЦП, но как говорилось раньше, это не играет большой роли.

Создавая защищенную корпоративную сеть на основе технологии OpenVPN, получаем одну общую сеть на несколько офисов с шифрацией передаваемых данных и приростом скорости за счет сжатия трафика с удобством обмена информацией. Технология OpenVPN полностью оправдывает себя. Её использование ведет к росту производительности работы с информацией по сети[3, 4]. Из минусов выделяется некоторая сложность настройки и создания VPN сети. Из плюсов – кроссплатформенность.

Для построения графиков производительности канала созданного при помощи SSH использованы данные, полученные при тестировании.

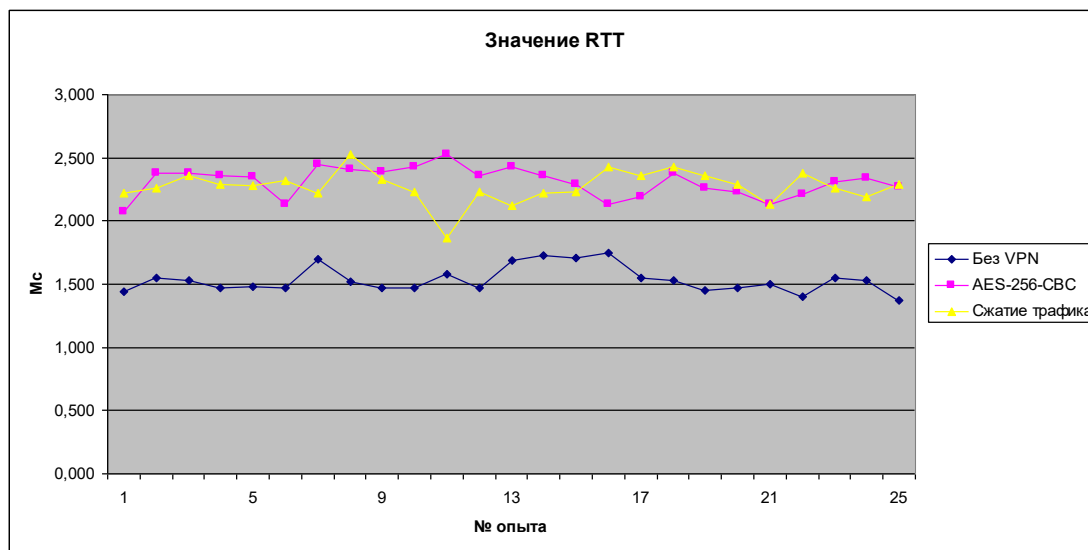


Рис.4. Графики значений RTT

На рис.4. представлены графики, по которым можно судить о времени отклика при работе SSH. В среднем время увеличилось на 0.8 мс. Это значение не является критичным даже для самых привередливых программ.

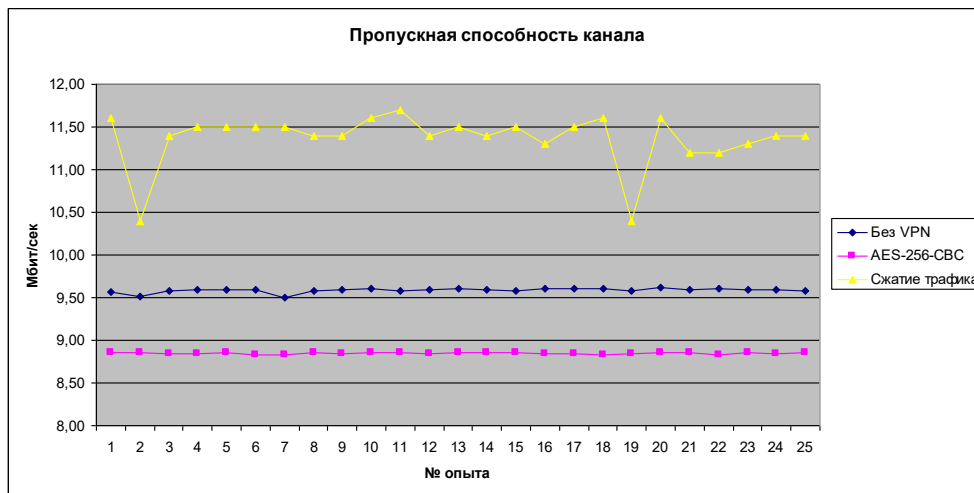


Рис.5. Графики пропускной способности канала

На рис. 5. представлены графики пропускной способности канала. Результаты получились приблизительно такими же, что и при использовании OpenVPN.

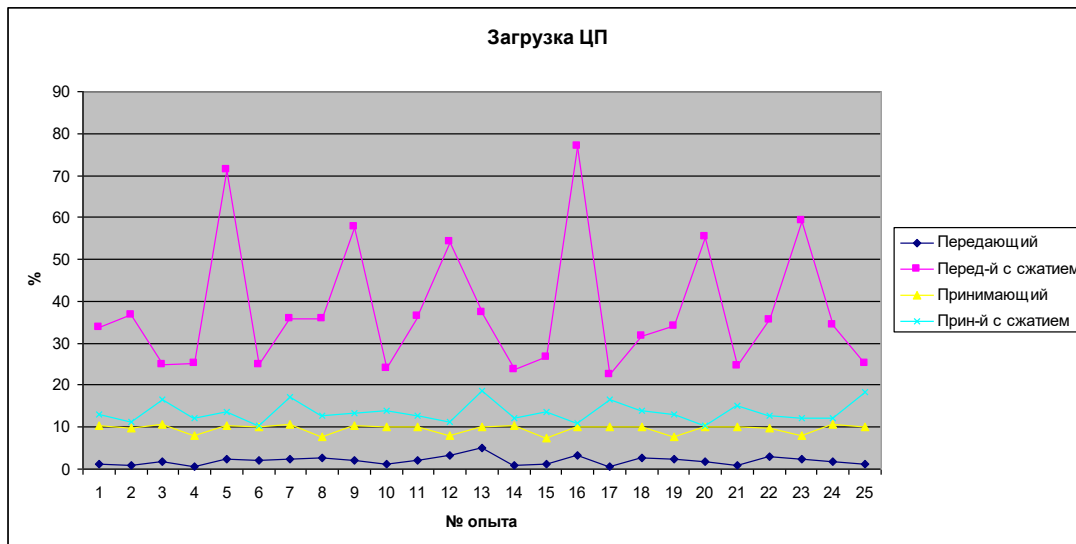


Рис.6. Графики загрузки ЦП

На рис.6. представлены графики загрузки ЦП при использовании ssh с шифрацией с сжатием трафика и без. При включении шифрации виден большой скачок нагрузки на ЦП. Среднее значение – 37.9%. Это довольно много, но не является критичным.

Из полученных данных можно сделать следующий вывод: производительность при использовании сжатия трафика возросла примерно на

25%, но при этом значительно выросла нагрузка на ЦП. Из достоинств этой технологии хочется выделить возможность создания SSH-туннелей по отдельным портам, что при определенных условиях дает множество плюсов, например, возможность иметь автоматическое включение резервного канала, при отсутствии связи на одном из маршрутизаторов. Также нужно отметить простоту создания и настройки VPN сети, кроссплатформенность, высокая надежность, легкая масштабируемость.

Анализ производительности каналов корпоративной сети при использовании технологии OpenVPN и SSH предпочтительным решением будет использование обеих технологий вместе. От SSH взять SSH-туннели, а от OpenVPN создание VPN сетей.

Список литературы

1. Чернышова Е.В., Чичасова И.С.[и др.]. Методика построения корпоративной системы защиты информации / Чернышова Е.В., Чичасова И.С.[и др.]// Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Тольятти, 2015г. – с. 45-51.
2. Скрыпников А. В., Чернов Д. А. [и др.]. Построение математической модели сетевой системы видеонаблюдения / Скрыпников А. В., Чернов Д. А. [и др.]// Интеграция мировой науки и техники: императивы развития. – Ростов-на-Дону: ООО «Приоритет», 2015. – с. 62-68.
3. Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Zemlyanukhin M.Yu. Firewall as a tool of implementation of security policy. Science and education [text] : materials of the viii international research and practice. Conference, Munich, march 19th–20th, 2015 / publishing office Vela VerlagWaldkraiburg –Munich – Germany, 2015. – с. 345-350.
4. Скрыпников А. В., Мамонова Е. Н. [и др.]. Построение алгоритмов обучения и распознавания изображений письменных знаков при обеспечении информационной безопасности / Скрыпников А. В., Мамонова Е. Н. [и др.] // Тенденции и перспективы развития современного научного знания. Науч.-инф. издат. Центр «Институт стратегических исследований». – Москва: Изд-во «Перо», 2015. – с. 40-44.

УДК 004.021

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА НАИВНОГО БАЙЕСОВОГО КЛАССИФИКАТОРА ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЫ ОТ «СПАМА»

В.В. Соляников¹, В.М. Белов¹, Ю.С. Суслина², Ю.А. Стрелкова²

*Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики¹,
Новосибирский государственный технический университет²*

Аннотация. В данной статье приведен алгоритм работы наивного байесового классификатора при построении систем защиты электронной почты от «спама». Приведены основные задачи, решаемые при применении интеллектуального анализа данных.

Ключевые слова: информационная безопасность, наивный байесовский классификатор, интеллектуальный анализ данных.

THE USE OF THE ALGORITHM OF THE NAIVE BAYES CLASSIFIER WHEN BUILDING E-MAIL PROTECTION SYSTEMS AGAINST "SPAM"

V.V. Solyannikov¹, V.M. Belov¹, J.S. Suslina², J.A. Strelkova²

*Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences¹,
Novosibirsk State Technical University²*

Abstract. This article provides an algorithm for the work of the naive Bayes classifier when building e-mail protection systems against spam. The main tasks are solved when applying data mining.

Keywords: *information security, naive Bayes classifier, data mining.*

Большой объем данных, растущее количество злоумышленников, пытающихся получить доступ к данным, анализ данных, машинное обучение, статистика и другие междисциплинарные возможности востребованы для решения проблем информационной безопасности (ИБ). Основной задачей интеллектуального анализа данных (ИАД) является извлечение, или «добыча» информации знания из большого количества данных. Скрытые закономерности или правила, обнаруженные с помощью методов ИАД можно использовать для «нестандартного» предсказания новых данных. Под нестандартным прогнозированием подразумевается нахождение информации, неявно представленной в данных и ранее не обнаруженной. Методы анализа данных используют математическую статистику, теорию искусственного интеллекта, распознавание образов и данных для группировки или выявления некоторого поведения. Таким образом, анализ данных является междисциплинарной областью, в которой используются инструменты анализа из статистического моделирования, математических алгоритмов и методов машинного обучения, чтобы обнаружить ранее неизвестные, имеющиеся закономерности и взаимосвязи в больших наборах данных.

Применение ИАД в ИБ позволяет решать следующие основные задачи [1]:

1. Классификация – задача разбиения множества объектов или наблюдений на заранее заданные группы, называемые классами, похожими друг на друга, имеющими примерно одинаковые свойства и признаки. При этом решение получается на основе анализа значений атрибутов (признаков). В интеллектуальном анализе задачу классификации рассматривают как задачу определения значения одного из параметров анализируемого объекта на основании значения других параметров. Для классификации в ИАД используется множество различных моделей: нейронные сети, деревья решений, машины опорных векторов, метод k-ближайших соседей, алгоритмы покрытия и др.,

2. Поиск ассоциативных правил – поиск закономерности между связанными событиями в наборе данных. Суть задачи заключается в определении часто встречающихся наборов объектов в большом множестве таких наборов. Данная задача является частным случаем задачи классификации. При обнаружении закономерностей в таких последовательностях можно с некоторой долей вероятности предсказывать появление событий в будущем,

что позволяет принимать более правильные решения. Такая задача является разновидностью задачи поиска ассоциативных правил и называется анализ последовательностей. Основным отличием задачи анализа последовательностей от поиска ассоциативных правил является установление отношения порядка между исследуемыми наборами. Наиболее известный алгоритм решения задачи поиска ассоциативных правил – алгоритм Apriori.

3. Кластеризация – является логическим продолжением задачи классификации. Это задача более сложная, особенность кластеризации заключается в том, что классы объектов изначально не предопределены. Результатом кластеризации является разбиение объектов на группы. Задача кластеризации состоит в разделении исследуемого множества объектов на группы «похожих» объектов, называемых кластерами[2].

Для решения задач кластеризации активно применяют наивный байесовский подход.

4. Анализ отклонений (аномалий) – позволяет отыскать среди множества событий те, которые существенно отличаются от нормы. Отклонение может сигнализировать о каком-то необычном событии (неожиданный результат эксперимента, мошенническая операция по банковской карте и д.р.) или, например, об ошибке ввода данных оператором.

Для решения задачи анализа отклонений активно применяются алгоритмы нейронных сетей.

Таким образом задачи решаемые ИАД находят широкое применение в области ИБ, в том числе при защите электронной почты. Например, методы выявления аномалий могут быть использованы для обнаружения необычных закономерностей и поведения. Анализ ссылок может быть использован для отслеживания самораспространяющегося вредоносного кода до его авторов (отправителей сообщений). Классификация может быть использована для выявления различных групп кибер-атак, а затем использована для получения модели для обнаружения этой атаки. Прогнозирование может быть использовано для определения потенциальных будущих атак, основываясь на информации о злоумышленниках, например об адресе отправителя электронной почты.

Основные направления применения ИАД при защите электронной почты направлены на:

- выявление «червей» внутри электронного письма;
- обнаружение «фишинга» электронных писем;
- выявление «спама».

Рассмотрим одно из направлений более подробно. Так для фильтрации «спама» возможно применять простой алгоритм на основе наивного байесового классификатора. Классификация осуществляется путем применения правила Байеса для вычисления условной вероятности каждого класса для вектора входных атрибутов[3].

При обучении фильтра для каждого встреченного в письмах слова высчитывается и сохраняется его «вес» - оценка вероятности того, что письмо с этим словом – «спам». В простейшем случае в качестве оценки используется

частота: «появлений в спаме / появлений всего». В более сложных случаях возможна предварительная обработка текста: приведение слов в начальную форму, удаление служебных слов, вычисление «веса» для целых фраз, транслитерация и прочее[4].

При проверке вновь пришедшего письма вероятность того, что оно «спам» вычисляется по указанной выше формуле для множества гипотез. В данном случае «гипотезы» - это слова, и для каждого слова «достоверность гипотезы» доля этого слова в письме, $P(A_i) = N_{word_i} / N_{word_total}$ а «зависимость события от гипотезы» $P(B|A_i)$ вычисленный ранее «вес» слова. То есть «вес» письма в данном случае - усредненный «вес» всех его слов.

Отнесение письма к «спаму» или нет производится по тому, превышает ли его «вес» некую планку, заданную пользователем (обычно берут 60-80 %). После принятия решения по письму в базе данных обновляются «веса» для вошедших в него слов.

Вычислим вероятность того, что сообщение, содержащее данное слово, является «спамом». Предположим, что подозреваемое сообщение содержит слово «СЮРПРИЗ». Большинство людей, которые привыкли получать электронные письма, предполагают, что это сообщение, скорее всего, будет «спамом». Программа обнаружения «спама», однако, не «знает» такие факты, все, что она может сделать - вычислить вероятности.

Формула, используемая программным обеспечением, чтобы определить это, получена из теоремы Байеса и формулы полной вероятности:

$$Pr(S|W) = \frac{Pr(W|S) \times Pr(S)}{Pr(W)} = \frac{Pr(W|S) \times Pr(S)}{Pr(W|S) \times Pr(S) + Pr(W|H) \times Pr(H)}$$

где:

$Pr(S|W)$ - условная вероятность того, что сообщение «спам», при условии, что слово «СЮРПРИЗ» находится в нем;

$Pr(S)$ - полная вероятность того, что произвольное сообщение «спам»;

$Pr(W|S)$ - условная вероятность того, что слово «СЮРПРИЗ» появляется в сообщениях, если они являются спамом;

$Pr(H)$ - полная вероятность того, что произвольное сообщение не «спам» («ham»);

$Pr(W|H)$ - условная вероятность того, что слово «СЮРПРИЗ» появляется в сообщениях, если они являются не «спамом».

Большинство байесовских программ обнаружения «спама» делают предположение об отсутствии априорных предпочтений у сообщения быть «спам», а не «ham», и полагает, что у обоих случаев есть равные вероятности 50%:

$$Pr(S) = 0,5;$$

$$Pr(H) = 0,5.$$

О фильтрах, которые используют эту гипотезу, говорят, как о фильтрах «без предубеждений». Это означает, что у них нет никакого предубеждения относительно входящей электронной почты. Это предположение позволяет упрощать общую формулу до:

$$\Pr(S|W) = \frac{\Pr(W|S)}{\Pr(W|S) + \Pr(W|H)}$$

Значение $\Pr(S|W)$ называют «спамовостью» слова W , при этом число $\Pr(W|S)$, используемое в формуле выше, приблизительно равно относительной частоте сообщений, содержащих слово W в сообщениях, идентифицированных как спам во время фазы обучения, то есть:

$$\Pr(W_i|S) = \frac{\text{count}(M : W_i \in M, M \in S)}{\sum_j \text{count}(M : W_j \in M, M \in S)}$$

Точно так же $\Pr(W|H)$ приблизительно равно относительной частоте сообщений, содержащих слово W в сообщениях, идентифицированных как «ham» во время фазы обучения.

$$\Pr(W_i|H) = \frac{\text{count}(M : W_i \in M, M \in H)}{\sum_j \text{count}(M : W_j \in M, M \in H)}$$

Для того, чтобы эти приближения имели смысл, набор обучающих сообщений должен быть большим и достаточно представительным. Также желательно чтобы набор обучающих сообщений соответствовал 50% гипотезе о перераспределении между «спамом» и «ham», то есть что наборы сообщений «спам» и «ham» имели один и тот же размер.

Конечно, определение, является ли сообщение «спам» или «ham», базируемой только на присутствии лишь одного определённого слова, подвержено ошибкам, именно поэтому байесовские фильтры спама пытаются рассмотреть несколько слов и комбинировать их «спамовость», чтобы определить полную вероятность того, что сообщение является спамом.

Программные спам-фильтры, построенные на принципах наивного байесовского классификатора, делают «наивное» предположение о том, что события, соответствующие наличию того или иного слова в электронном письме или сообщении, являются независимыми по отношению друг к другу. Это упрощение в общем случае является неверным для естественных языков таких как английский, где вероятность обнаружения прилагательного повышается при наличии, к примеру, существительного. Исходя из такого «наивного» предположения, для решения задачи классификации сообщений лишь на 2 класса: S (спам) и $H = \neg S$ (не «спам») из теоремы Байеса можно вывести следующую формулу оценки вероятности «спамовости» всего сообщения, содержащего слова $W_1, W_2, W_3 \dots W_N$:

$$\begin{aligned}
p(S|W_1, W_2, W_3 \dots W_N) &= \frac{p(W_1, W_2, W_3 \dots W_N | S) \times p(S)}{p(W_1, W_2, W_3 \dots W_N)} = \\
&= \frac{\prod_i p(S|W_i)}{\prod_i (p(S|W_i) + \left(\frac{p(\neg S)}{p(S)}\right)^{1-N} \times \prod_i p(\neg S|W_i))}
\end{aligned}$$

Таким образом, предполагая $p(S) = p(\neg S) = 0.5$, имеем:

$$p = \frac{p_1 p_2 \dots p_N}{p_1 p_2 \dots p_N + (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3) \dots (1 - p_N)}$$

где:

$p(S|W_1, W_2, W_3 \dots W_N)$ - вероятность, что сообщение, содержащее слова $W_1, W_2, W_3 \dots W_N$ «спам»;

p_1 - условная вероятность $p(S|W_1)$ того, что сообщение – «спам», при условии, что оно содержит первое слово (к примеру «СЮРПРИЗ»);

p_2 - условная вероятность $p(S|W_2)$ того, что сообщение – «спам», при условии, что оно содержит второе слово (к примеру «ДАРОМ») и т.д.;

p_N - условная вероятность $p(S|W_N)$ того, что сообщение – «спам», при условии, что оно содержит N-ое слово (к примеру «СРОЧНО»).

Результат p обычно сравнивают с некоторым порогом, например, 0.5, чтобы решить, является ли сообщение спамом или нет. Если p ниже чем порог, сообщение рассматривают как вероятный не «спам», иначе его рассматривают как вероятный «спам».

В работе приведен пример фильтрации «спама» с использованием алгоритма основанного на применении наивного байесового классификатора. Несмотря на очевидную простоту данного метода (алгоритмы элементарны), практичность (позволяет обходиться без «чёрных списков» и подобных искусственных приёмов), эффективность (после обучения на достаточно большой выборке отсекает до 95—97 % «спама»), причём в случае любых ошибок его можно дообучать, указанный метод имеет и ряд недостатков, а именно:

- базируется на предположении, что одни слова чаще встречаются в спаме, а другие - в обычных письмах, и неэффективен, если данное предположение неверно;

- метод работает только с текстом. Зная об этом ограничении, «спамеры» стали вкладывать рекламную информацию в картинку. Текст же в письме либо отсутствует, либо не несёт смысла.

Список литературы

1. Н.А. Маслова О применении интеллектуального анализа данных для защиты информации корпоративных систем // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 66–74.

2. Пальмов С.В. Интеллектуальный анализ данных: Учебное пособие / Поволжский Государственный университет телекоммуникаций и информатики – Самара, 2017. – 128 с.

3. Е.В. Зубков, В.М. Белов Методы интеллектуального анализа данных и обнаружение вторжений // Вестник СибГУТИ. – 2016. – № 1. С. 118–133.

4. Байесовская фильтрация спама. [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Байесовская_фильтрация_спама, (дата обращения: 18.10.2018).

ОБОСНОВАНИЕ ПРОФИЛЯ РЫХЛИТЕЛЬНОЙ ЛАПЫ КУЛЬТИВАТОРА МЕТОДОМ ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Ю.Н. Сыромятников¹, С.А. Войнаш²

¹*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им.
П.Василенко, Харьков, Украина*

²*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО “Алтайский
государственный технический университет им.И.И.Ползунова”,
Рубцовск, Россия*

Аннотация. С применением метода вариационного исчисления поставлена задача определения кривой, описывающей профиль рыхлительной культиваторной лапы минимального тягового сопротивления. На основании приведенного функционала составлено дифференциальное уравнение Эйлера позволяющее находить кривые на которых функционал может достичь экстремума, в результате решения которого получили выражение описывающее искомый профиль рабочего органа. Основной идеей нахождения экстремума функционала является определение семейства кривых, обладающих таким свойством, что при вариации функционала для любой из них сохраняются лишь члены, зависящие от вариации концов кривой. Для задач с фиксированными концами это требование выполнено при обращении в нуль первой вариации функционала. Дифференциальное уравнение Эйлера позволило определить семейство экстремалей для заданного функционала: искомая кривая принадлежит этому семейству и удовлетворяет граничным условиям поставленной задачи. Определено, что геометрическая форма профиля рыхлительной лапы с минимальным тяговым сопротивлением при сохранении координат ее граничных точек будет иметь место при форме профиля полученной с использованием численных методов решения дифференциальных уравнений. Такие профили имеют серийные универсальные культиваторные лапы, лапы культиваторов-плоскорезов и других орудий.

Ключевые слова: почва, рыхлительная лапа, сила сопротивления, профильная линия, коэффициент трения, геометрическая форма.

JUSTIFICATION OF THE PROFILE OF THE RIPPER'S SHARED BY METHOD OF VARIATION CALCULATION

Yu.N.¹ Syromyatnikov, S.A.² Voinash

¹*Kharkov National Technical University of Agriculture named after P.M. Vasilenko,
Kharkov, Ukraine*

²*Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University,
Rubtsovsk, Russia*

Abstract. Using the method of the calculus of variations, the task of determining the curve describing the profile of the cultivator paw of the minimum traction resistance is set. On the basis of the above functional, a differential Euler equation is derived that allows one to find curves on which a functional can reach an extremum, as a result of which a solution is obtained that describes the desired profile of the working member. The basic idea of finding the extremum of a functional is the definition of a family of curves possessing the property that for a variation of the functional for any of them only terms that depend on the variation of the ends of the curve are preserved. For problems with fixed ends this requirement is satisfied when the first variation of the functional vanishes. The differential Euler equation allows us to define a family of extremals for a given functional: the required curve must belong to this family and satisfy the boundary conditions of the problem posed. It is determined that the geometric shape of the profile of the ripper's paw with the minimum traction resistance and the preservation of the coordinates of its boundary points will take place in the shape of the profile obtained using numerical methods for solving differential equations. Such profiles have serial universal cultivator paws, cultivator-flat cutter feet and other tools.

Keywords: *soil, ripper paw, resistance force, profile line, coefficient of friction, geometric shape.*

Введение

Обоснованием геометрической формы почвообрабатывающих рабочих органов занимались В.П. Горячкин, П.М. Василенко, А.С. Кушнарев, И.М. Панов, Г.Н. Синеоков, А.Н. Зеленин, Б.А. Нефедов, В.Ф. Пащенко, П.С. Короткевич, В.П. Третьяк и многие другие исследователи. При этом использовались разнообразные подходы к выбору наиболее рационального профиля рабочих органов.

Во многих случаях при обосновании конструкции почвообрабатывающего рабочего органа критерием выбора геометрической формы служила технологичность их изготовления.

Одним из самых распространенных методов обоснования формы лап культиваторов и некоторых других рабочих органов является задание исходных их параметров на основании проведенных исследований и накопленного опыта использования в зависимости от назначения, условий применения и получения гладких переходов между составляющими поверхностями лап. Так, при обосновании геометрической формы рыхлительной лапы культиватора задается ширина захвата, угол крошения, угол заточки лезвия, ширина рабочих полок и толщина материала. Окончательная форма лапы находится путем подбора радиусов закругления в местах перегиба с учетом сечения стойки и конструкции крепления лапы [1]. Такой же подход используется и при проектировании различных типов лап культиваторов, отвалов бульдозеров и других почвообрабатывающих рабочих органов.

Такой подход к проектированию рабочих органов обеспечивает выполнение требований к качеству обработки почвы, а гладкие переходы между составляющими поверхностями лап способствуют снижению забивания их почвой, растительными остатками и уменьшению затрат энергии на обработку. Однако эта методика не дает ответа на вопрос, какой профиль должны иметь сами составляющие части лап и переходы между ними.

Цель Обоснование профиля рыхлительной лапы культиватора производственного изготовления с обеспечением качественных показателей работы с энергетической точки зрения, и сохранением координат ее граничных точек.

Материалы и методы исследования

Применение методов вариационного исчисления для решения некоторых задач земледельческой механики впервые предложил П.М. Василенко [1]. В дальнейшем эти методы были использованы В.П. Третьяком для обоснования профиля деформатора почвы [2], П.С.Короткевичем – ножа вертикального резания [3], С.В. Сторчаком и П.П. Магдалюком – рыхлительных лап для междурядной обработки пропашных культур [4], В.А. Нефедовым и Н.Ф. Флайшером – стойки почвообрабатывающего рабочего органа [5]. Рассматривался почвообрабатывающий рабочий орган или его стойка в декартовых системах координат [12,13,15]. Выбирались две точки с координатами $y(x_0) = y_0$ и $y(x_1) = y_1$, через которые возможно прохождение множества кривых, непрерывных и гладких. Ставится задача определения кривой, описывающей профиль рабочего органа или его стойки минимального тягового сопротивления [6-8, 10-11,16-18].

Далее на основании приведенного функционала составляется дифференциальное уравнение Эйлера, в результате решения которого получали искомый профиль рабочего органа [9,14].

Начало подвижной системы координат xOy совместим с точкой пересечения профильной линии рыхлительной лапы с плоскостью поверхности почвы (рис. 1). Оси координат x и y направим соответственно в сторону движения рыхлительной лапы и перпендикулярно плоскости поверхности, т.е. вглубь почвы.

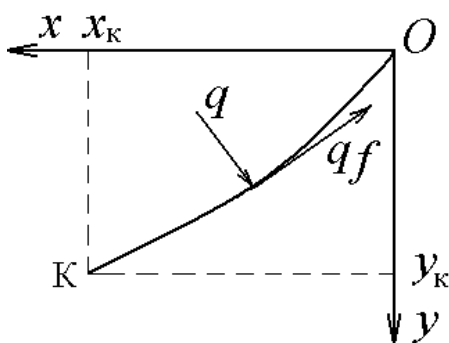


Рис. 1. К обоснованию профиля рыхлительной лапы

Распределение проекций давлений почвы на рабочую поверхность ножа вертикального резания на ось x примем в виде

$$q_x = ky^m; \quad (1)$$

где k и m – постоянные коэффициенты, зависящие от условий резания почвы.

Тогда закономерность распределения нормального давления почвы на ноже определяется по формуле

$$q = k y^m \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'},$$

а функционал

$$R_x = \int_0^{x_k} k_{\Lambda} q (y' + f) dx.$$

где K_{Λ} – толщина лезвия рыхлительной лапы

R_x – элементарная сила сопротивления

будет иметь вид

$$R_x = k b_{\Lambda} \int_0^{x_k} y^m \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} (y' + f) dx;$$

где b_{Λ} – ширина рыхлительной лапы.

Для обеспечения качественных показателей работы рыхлительной лапы производственного изготовления необходимо решить задачу по определению оптимального, с энергетической точки зрения, профиля лапы с сохранением координат ее граничных точек при максимальной глубине хода.

С учетом этого ставим вариационную задачу: из множества кривых, проходящих через точки $y(0) = 0$ и $y(0,21) = 0,16$, найти ту профильную линию рыхлительной лапы с неизменной шириной b_{Λ} , которая обеспечивает ей минимальное тяговое сопротивление.

Для этого необходимо, чтобы подынтегральная функция

$$F = y^m \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} (y' + f) \quad (2)$$

удовлетворяла уравнению Эйлера.

Результаты и их обсуждение

После вычисления частных производных получили составляющие уравнения

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} y'' + \frac{\partial^2 F}{\partial y \cdot \partial y'} y' + \frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y} - \frac{\partial F}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

Выражение (3) является дифференциальным уравнением второго порядка. Поэтому в его решении содержатся две неизвестные постоянные, значения которых определяются из граничных условий.

$$\frac{\partial F}{\partial y} = m y^{m-1} \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} (y' + f); \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial y'} = m y^{m-1} \frac{y^3 - f}{y'^2 \sqrt{1 + y'^2}}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial y'} = 0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} = y^{m-1} \frac{y^3 + 3f y'^2 + 2f}{y'^3 (1 + y'^2) \sqrt{1 + y'^2}}. \quad (7)$$

В итоге уравнение Эйлера примет вид

$$y'' = \frac{m(fy'^2 + y' + 2f)(1 + y'^2)y'^2}{y(y'^3 + 3fy'^2 + 2f)}. \quad (8)$$

Решение дифференциального уравнения с учетом граничных условий позволяет получить уравнение профильной линии рыхлительной лапы, имеющей экстремальное значение силы сопротивления движению ее в почве. Из уравнения (7) видно, что при $y' > 0$ $\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} > 0$, что в соответствии с условием Лагранжа обеспечивает минимум функционала.

Анализ уравнения (8) показывает, что значения постоянных коэффициентов для заданной закономерности распределения давления почвы на поверхности рабочего органа на профиль рыхлительной лапы влияния не оказывают.

Получение точного решения дифференциального уравнения (8) затруднено. В 60-е годы, когда решались задачи такого типа, электронная вычислительная техника практически не применялась, поэтому В.П. Третьяк остановился только на методике общего подхода к решению задач, П.С. Короткевич решил уравнение с использованием приближенных методов вычисления.

Дифференциальное уравнение (8) было решено нами численным методом с помощью компьютера. На рис. 2 показаны профильные линии рыхлительной лапы, полученные с использованием приближенных и численных методов решения дифференциальных уравнений.

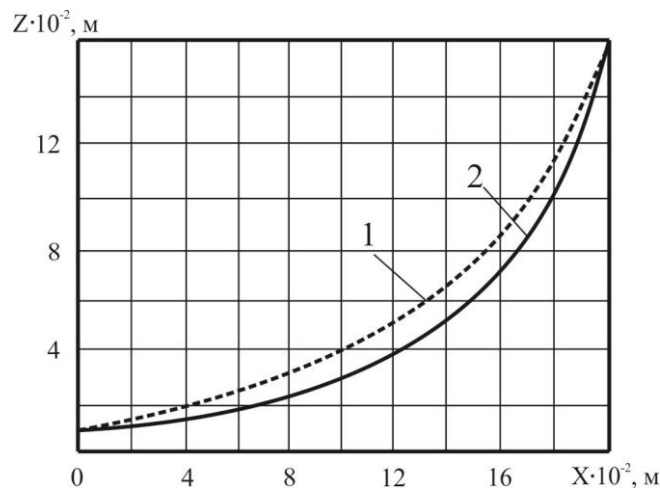


Рис. 2. Профильная линия рыхлительной лапы минимального тягового сопротивления полученные
1 – с использованием численных методов решения дифференциальных уравнений, 2 – с использованием приближенных методов решения дифференциальных уравнений

Выводы

Минимальное сопротивление рыхлительной лапы с сохранением координат ее граничных точек будет иметь место при форме профиля

полученной с использованием численных методов решения дифференциальных уравнений.

Список литературы

1. Василенко П.М. Применение методов вариационного исчисления к решению некоторых задач земледельческой механики // Труды КСХИ. Т. VI. – 1953.
2. Третьяк В.П. Влияние формы рабочих органов, движущихся в почве, на тяговое сопротивление // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Респ. межвед. тем. науч.-техн. сб. Вып. 8. «Механизация обработки почвы и внесения удобрений». – Киев, 1967. – С. 18-28.
3. Короткевич П.С. О влиянии формы лезвия ножа на сопротивление подрезанию пласта при обработке почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Респ. межвед. тем. науч.-техн. сб. «Механизация обработки почвы и внесения удобрений». – Киев, 1967. – Вып. 8. – С. 13-17.
4. Сторчак С.В., Магдалюк П.П. Обоснование параметров рыхлительных лап для обработки междурядий пропашных культур // Пути увеличения продуктивности полей. – Кишинев: Штиинца, 1978. – С. 34-37.
5. Нефедов Б.А., Флайшер Н.М. Изыскание профильной линии рабочего органа минимальной энергоемкости // Теория и расчет почвообрабатывающих машин: Сб. науч. тр. ВИМ. – М., 1989. – Т. 120. – С. 180-198.
6. Сыромятников Ю.Н. Обоснование формы наральника минимального тягового сопротивления // Сільськогосподарські машини. – 2018. – № 39. – С.117-132.
7. Сыромятников Ю.Н. Совершенствование рабочих органов ротора рыхлительно-сепарирующей почвообрабатывающей машины обеспечивающих минимальные затраты энергии на его работу // Інженерія природокористування. – 2018. – №. 1 (9). – С. 91-95.
8. Сыромятников Ю.Н. Совершенствование рабочих органов ротора почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (164). – С.171-177.
9. Турчин В.Я. Обоснование профиля плоскорежущей лапы с помощью методов вариационного исчисления / В.Я. Турчин, А.И. Аникеев, Н.С. Храмов. Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка, техн. науки, вип. 180. Х.: 2017. – С 311-318.
10. Пащенко В.Ф. О методике обоснования профиля поверхности почвообрабатывающих органов // Совершенствование технологического процесса и конструкций рабочих органов сельскохозяйственной техники: Сб. науч. тр. ХГАУ. – Харьков, 1992. – С. 4-9.
11. Сыромятников Ю. М. Вдосконалення робочих органів для підрізання та підйому ґрунту розрихлювально-сепаруючою машиною // Інженерія природокористування. – 2017. – №. 2 (8). – С. 74-77.
12. Пащенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Физическая сущность процесса взаимодействия с почвой рабочего органа с гибким элементом // Сельское хозяйство. – 2017. – №. 3. – С. 33-42.

13. Сыромятников Ю.Н. Обоснование профиля лемеха с направляющими дисками почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. – 2017. – № 2. – С.18-29.

14. Сыромятников Ю.Н. Обоснование формы наральника минимального тягового сопротивления // Сільськогосподарські машини. – 2018. – № 39. – С.117–132.

15. Сыромятников Ю.Н. Совершенствование рабочих органов ротора рыхлительно-сепарирующей почвообрабатывающей машины обеспечивающих минимальные затраты энергии на его работу // Інженерія природокористування. – 2018. – №. 1 (9). – С. 91-95.

16. Сыромятников Ю.Н. Совершенствование рабочих органов ротора почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (164). – С.171-177.

17. Сыромятников Ю.Н. Рабочие органы для подрезания и подъема почвы почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 3 (43) – С. 49-56.

18. Пащенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Качественные показатели работы почвообрабатывающей машины с применением гибкого рабочего органа в системах "органического земледелия" // збірник тез міжнародної науково-практичної конференції: «Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах». – 2018. – С.94-100.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Н.В. Тимофеев, Р.Р. Басыров

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета

Аннотация. В данной статье описывается история внедрения в мировое автомобильное производство систем автоматизированного проектирования (САПР)

Ключевые слова: проектирование, разработка, САПР, история САПР, классификация САПР.

USE OF AUTOMATED DESIGNING SYSTEMS IN AUTOMOTIVE

N.V.Timofeev, R.R.Basyrov

Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny

Abstract. This article describes the history of the introduction into the world automotive production of the CAD system (CAD).

Keywords: design, working out, CAD, history of CAD, CAD classification.

Автоматизация проектирования — систематическое использование ЭВМ в процессе проектирования при обоснованном распределении функций между человеком и ЭВМ и выборе методов автоматизированного решения технологических задач. В настоящее время машиностроительные заводы испытывают острейшую потребность в специалистах в области САПР,

особенно при внедрении и разработке интегрированных CAD–CAM-систем (автоматизированное конструирование и технологическое проектирование) [1].

Современное машиностроение идет по пути возрастающей автоматизации производственных процессов, сокращения сроков выпуска продукции и постоянного обновления ассортимента. Жесткие требования производства диктуют минимальные сроки выпуска конструкторско-технологической документации, что немислимо без использования пакетов, выполняющих функции CAD/CAM/CAE/PDM

Первые CAD-системы появились еще на заре вычислительной техники — в 60-х годах. Именно тогда в компании General Motors была разработана интерактивная графическая система подготовки производства, а в 1971-м ее создатель — доктор Патрик Хэнретти (его называют отцом САПР) — основал компанию Manufacturing and Consulting Services (MCS), оказавшую огромное влияние на развитие этой отрасли. По мнению аналитиков, идеи MCS составили основу почти 70% современных САПР. В начале 80-х, когда вычислительная мощность компьютеров значительно выросла, на сцену вышли первые САМ-пакеты, позволяющие частично автоматизировать процесс производства с помощью программ для станков с ЧПУ, и САЕ-продукты, предназначенные для анализа сложных конструкций. Таким образом, к середине 80-х системы САПР в машиностроении обрели форму, которая существует и сейчас. Но наиболее бурное развитие происходило в течение 90-х годов — к тому времени на поле вышли новые игроки “средней весовой категории”. Усиление конкуренции стимулировало совершенствование продуктов: благодаря удобному графическому интерфейсу значительно упростилось их использование, появились новые механизмы твердотельного моделирования ACIS и Parasolid, которые сейчас используются во многих ведущих САПР, значительно расширились функциональные возможности.

Таблица 1

Классификация САПР в автомобилестроении

Класс САПР	Продукт	Компания
Тяжелый	Unigraphics NX	EDS
	CATIA	Dassault Systemes вместе с IBM
	Pro/Engineer	PTC
Средний	SolidWorks	SolidWorks (подразделение Dassault Systemes)
	SolidEdge	EDS
	Inventor	Autodesk
	Cimatron	Cimatron
	Think3	Think3
	Cadkey	Cadkey
	Power Solutions	Delcam
	КОМПАС	Аскон
	T-Flex	Тор системы
ADEM	Omega Adem Technologies	

Класс САПР	Продукт	Компания
Средний	Sprut	СПРУТ-Технология
	APM WinMachine	НТЦ АЛМ
	PartY Plus	Люция Софт
	КРЕДО	НИЦ АСК
Легкий	AutoCAD	Autodesk
	SurfCAM	Surfware
	DataCAD	DataCAD
	IntelliCAD	CADopia
	TurboCAD	IMSI

Можно сказать, что переход в новый век стал для рынка САПР переломным моментом. В такой ситуации на первый план вышли две основные тенденции — поглощения компаний и поиск новых направлений для роста. Яркий пример первой тенденции — покупка компанией EDS в 2001 г. двух известных разработчиков тяжелых САПР — Unigraphics и SDRC, а второй — активное продвижение концепции PLM (Product Lifecycle Management), подразумевающей управление информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла [2].

В настоящее время на рынке осталось лишь три САПР верхнего ценового класса — Unigraphics NX компании EDS, CATIA французской фирмы Dassault Systemes (которая продвигает ее вместе с IBM) и Pro/Engineer от PTC (Parametric Technology Corp.). Раньше мощных системы было больше, но после череды слияний и поглощений компаний, число пакетов сократилось. Упомянутые компании — лидеры в области САПР, а их продукты занимают львиную долю рынка в денежном выражении. Главная особенность «тяжелых» САПР — обширные функциональные возможности, высокая производительность и стабильность работы — все это результат длительного развития. Однако, эти системы немолоды — CATIA появилась в 1981 г., Pro/Engineer — в 1988 г., а Unigraphics NX, хотя и вышла в 2002 г., является результатом слияния двух весьма почтенных по возрасту систем — Unigraphics и I-Deas, полученных фирмой EDS в результате приобретения компаний Unigraphics и SDRC. Все названные программы включают средства трехмерного твердотельного и поверхностного моделирования, а также модули структурного анализа и подготовки к производству, т. е. являются интегрированными пакетами CAD/CAM/CAE. Кроме того, все три поставщика предлагают для своих САПР системы управления инженерными данными (PDM), позволяющие управлять всей конструкторско-технологической документацией и предоставлять дополнительные данные, экспортированные из других корпоративных систем, из справочников и нормативных источников.

Тяжелые системы стоят значительно дороже, но затраты на их приобретение окупаются (машиностроении, двигателестроении, авиационной и аэрокосмической промышленности) [3].

Как только ПК обрел достаточную мощность, а Windows стала многозадачной и более устойчивой, разработчики смогли создать системы автоматизированного проектирования, которые заняли промежуточное положение между тяжелыми и легкими продуктами [4]. Новинки произвели настоящий переворот в мире САПР, позволив многим конструкторским и проектным организациям перейти с двумерного на трехмерное моделирование.

Важную роль в становлении среднего класса сыграли два ядра твердотельного параметрического моделирования ACIS и Parasolid, которые появились в начале 90-х годов и сейчас используются во многих ведущих САПР.

В числе лидеров «среднего» сегмента — система SolidWorks одноименной компании (в настоящее время — подразделение Dassault Systemes), пакет SolidEdge (разработан фирмой Intergraph, теперь принадлежит EDS), а также программа Inventor от Autodesk. Кроме них в данном сегменте работает множество компаний, в том числе и российских. Их популярность среди пользователей постоянно растет, и благодаря этому данная область динамично развивается. В результате по функциональным возможностям средний класс постепенно догоняет своих более дорогостоящих конкурентов. Например, будучи изначально средствами твердотельного моделирования, эти системы в ходе эволюции обрели функции поверхностного моделирования, подготовки производства, инженерного анализа и даже управления инженерными данными.

Программы «легкой» категории служат для двумерного черчения, поэтому их обычно называют электронной чертежной доской. К настоящему времени они пополнились некоторыми трехмерными возможностями, но не имеют средств параметрического моделирования, которыми обладают тяжелые и средние САПР.

Компания Autodesk в 1983 г. выпустила САПР для ПК под названием AutoCAD. Успех был феноменальным — уже в 1987 г. было продано 100 тыс. копий AutoCAD, а сегодня это число превышает четыре миллиона. В результате Autodesk удалось отхватить изрядную долю рынка САПР, вытеснив тяжеловесов из сегмента программ для двумерного черчения. Примеру первоходца последовали и остальные игроки. Так, в 1984 г. фирма Bentley представила программу Microstation, которая стала основным конкурентом AutoCAD'а. Кроме них сейчас существует множество других «легких» САПР, включая DataCAD одноименной компании, TurboCAD фирмы IMSI, SurfCAM от Surfware и другие. Эти продукты проще и дешевле (100 — 4000 долл.) тяжелых и средних САПР, поэтому пользуются спросом, несмотря на нынешний экономический спад. В результате «легкие» системы стали самым распространенным продуктом автоматизации проектирования, своего рода «рабочей лошадкой» мира САПР.

Таким образом, развитие рынка САПР идет двумя путями — эволюционным и революционным. В свое время революционный переворот произвели первые САПР для ПК и системы среднего класса. Сейчас рынок развивается эволюционно: расширяются функциональные возможности продуктов, повышается производительность, упрощается использование. Но,

возможно, вскоре нас ждет очередная революция. Аналитики из Cambashi считают, что это произойдет, когда поставщики САПР начнут использовать для хранения инженерных данных (чертежей, трехмерных моделей, списков материалов и т. д.) не файловые структуры, а стандартные базы данных SQL-типа. В результате инженерная информация станет структурированной, и управлять ею будет гораздо проще, чем теперь.

Список литературы

1. Дукарский С.М., Иноземцев В.Ф., Шляпников В.И., Шмонин А.П. Автоматизированная система конструкторско-технологической классификации продукции машиностроения и приборостроения// Классификаторы и документы. 1991. №1. С. 11-20.

2. Гнеденко В.Г., Гуленков В.Ю., Дукарский С.М. и др. Номенклатура, назначение и обозначение классификаторов технико-экономической информации, используемых на предприятии/Методический материал// М.: Совинстандарт, 1991. 41 с.

3. Дукарский С.М., Рубин Г.Я. Автоматизированная система классификации технологической документации//Классификаторы и документы. 1993. №3. С. 1-16.

4. Григорьева Д.Р., Басыров Р.Р., Файзуллина А.Г., Шарипов Р.Ш. Использование математического аппарата в строительстве автомобильных дорог // Научно-технический вестник Поволжья. №2 2015г. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2015. – С.106-108.

РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО КОНТУРА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ОТ ВРЕДОНОСНЫХ АТАК

К.С. Ткаченко

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Аннотация. Современные промышленные производства требуют высокосложных компьютерных технологий для обеспечения подавляющего большинства технологических процессов. В условиях обострения конкурентной борьбы эти компьютерные технологии становятся уязвимыми перед вредоносными несанкционированными атаками и вторжениями. Эти атаки приводят к потерям. Для уменьшения потерь предлагается подход по совершенствованию компьютерных технологий. Подход основан на методах теории массового обслуживания.

Ключевые слова: компьютерные технологии, аналитическое моделирование.

DEVELOPMENT OF COMPUTER TECHNOLOGIES OF INFORMATION LOOP TO REDUCE LOSSES FROM MALICIOUS ATTACKS

K.S. Tkachenko

FSAEOHE "Sevastopol State University"

Abstract. Modern industrial production requires highly sophisticated computer technology to provide the vast majority of technological processes. In the conditions of aggravation of competitive struggle, these computer technologies are vulnerable to malicious attacks and unauthorized intrusions. These attacks lead to losses. To reduce losses, an approach to improve computer technology is proposed. The approach is based on queuing theory methods.

Keywords: *computer technologies, analytical modeling.*

Многие отрасли промышленности должны непрерывно обеспечивать не только высокое качество продукции, но и, одновременно с этим, экономическую эффективность [1]. Современные информационные технологии в управлении производством могут это обеспечить. Но для этого они должны пронизывать производство на всех уровнях. Наилучшая эффективность производства достигается в случаях, когда имеется надежное и оптимальное управление реагирует на изменения и возмущения.

Увеличивается значимость не вещественных элементов производств [2]. Повышается сложность как самих производств, так и процессов управления ними. Информационный сектор промышленности лежит в областях инфокоммуникационных компьютерных технологий. Информация превращается в важный экономический ресурс за счет развития коммуникации и компьютеризации. Инженерные технико-информационные услуги обслуживания и производства создают содержание информации.

Конкурентная борьба обостряет все процессы планирования и управления [3]. Системы управления ресурсами предприятия требуют автоматизации изменения информационных потоков в реальном масштабе времени. Эта автоматизация должна затрачивать минимум ресурсов для достижения максимальной эффективности. Только комплексные подходы могут оптимизировать технологические параметры.

Информационные компетенции нужны для применения в автоматизированных системах управления [4]. В частности, экономические и математические модели ложатся в основу решения задач управления промышленными предприятиями. Моделирование сложных процессов и решение задач проектирования требуют внедрения современных и наилучших подходов. Компьютерные технологии должны быть ориентированы на проверку гипотез о свойствах предметной области.

Информационные системы могут построить оптимальные решения и управления по результатам диагностики состояний предприятий и комплексов [5]. Интегрированные программные комплексы должны функционировать при различной степени интенсивности входных ресурсов. Современные системы управления строятся на основе принципов системного анализа. Инновационные информационные технологии учитывают ресурсные и финансовые показатели.

Интегрированное пространство управления на основе информационных систем, баз данных, инфокоммуникационных технологий реализует интеллектуальные методы оптимизации [6]. Своевременное совершенствование этого пространства возможно при выработке и реализации управленческих решений, которые обеспечивают развитие информационных инфраструктур.

Адаптивные подходы планирования повышают обоснованность, оперативность и качество процессов осуществления управленческих решений в целом.

Для обеспечения технологического лидерства нужно динамично адаптироваться на основе информационных технологий [7]. Для эффективного решения вопросов по внедрению информационных технологий требуется ориентация на ускорение обработки информации в компьютерных узлах.

Компьютерная техника должна обладать эффективностью при автоматизированной обработке информации [8]. Подготовка инфраструктуры информационных технологий и обеспечение надлежащего уровня их функционирования включают в себя управление аппаратными и программными средствами. Эффективное управление становится возможным при установлении оптимальных уровней корректировки параметров и адекватной оценке принятия решений.

Увеличение объема производства требует обеспечения информационной безопасности [9]. Информационные потоки производств и жизненных циклов изделий ложатся в основу построения эталонных моделей угроз. Для разработки и анализа существующих и возможных моделей угроз требуются оценки компьютерных узлов. Для повышения качества разработанных моделей и сокращения эксплуатационных затрат проектирование систем обработки информации можно производить параллельно с проектированием систем обнаружения вторжений.

Автоматизация бизнес-процессов с применением информационных систем целесообразна только вместе с правильной организацией компьютерной безопасности [10]. Алгоритмические методы защиты информации ложатся в основу процедур обращения с данными. Защита электронного документооборота, каналов связи, аппаратного и программного обеспечения характеризуется системной интеграцией с готовыми типовыми аппаратно-программными решениями.

Для построения реагирующих в реальном масштабе времени систем обнаружения вторжений и средств оперативного принятия решений можно использовать подходы, основанные на аналитическом моделировании систем массового обслуживания (СМО) [11–13].

Целью настоящей публикации является построение подхода для улучшения путем параметрической корректировки существующих компьютерных узлов, входящих в информационный контур промышленных производств и подвергающихся вредоносным атакам, на основе аналитического моделирования по пути уменьшения потерь заявок.

Общепризнанной моделью компьютерных узлов является СМО типа М/М/К/Н [11–13]. Интенсивность входного простейшего потока заявок составляет λ , производительность их обработки по экспоненциальному закону равна μ . Обработка заявок осуществляется на К параллельных обслуживающих каналах, при этом перед ними присутствует очередь в N элементов. Расчет этой СМО возможен по формулам:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (1)$$

$$\rho_s = \frac{\rho}{K},$$

$$p_0 = \left[1 + \sum_{j=1}^{K-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^K (1 - \rho_s^{N+1})}{K! (1 - \rho_s)} \right]^{-1},$$

$$p_{otk} = \frac{p_0 \rho^{K+N}}{K! K^N}.$$

В формуле (1): ρ – нагрузка, ρ_s – нагрузка канала, p_0 – вероятность простоя, p_{otk} – вероятность отказа. Потери от вредоносных вторжений заключены, в основном, в потере заявок, поэтому необходимо уменьшить вероятность отказа p_{otk} . Развитие и совершенствование компьютерного узла заключается в оперативной корректировке узловой производительности μ , поэтому для этого можно решить оптимизационную задачу:

$$\arg \min_{\mu} p_{otk} = \arg \min_{\mu} \frac{\rho^{K+N}}{\left[1 + \sum_{j=1}^{K-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^K \left(1 - \left(\frac{\rho}{K} \right)^{N+1} \right)}{K! \left(1 - \frac{\rho}{K} \right)} \right] K! K^N}. \quad (2)$$

Решение оптимизационной задачи (2) по определению оптимальной производительности μ в общем виде затруднено. Поэтому необходимо для конкретного промышленного предприятия определить оценочные значения величин кортежа $I^{SMO} = \langle K, N \rangle$. После определения этих величин потребуется породить вариант задачи (2) с учетом I^{SMO} .

Например, принимается наиболее распространенной структура СМО с $I^{SMO'} = \langle K = 3, N = 3 \rangle$. Тогда (2) преобразуется в следующую:

$$\arg \min_{\mu} \frac{\rho^6}{\rho^6 + 3\rho^5 + 9\rho^4 + 27\rho^3 + 81\rho^2 + 162\rho + 162}. \quad (3)$$

Дробно-рациональное выражение в (3) позволяет проводить широкий анализ. В частности, можно произвести вычислительный эксперимент по определению вероятности отказа при варьировании загрузки на отрезке $\rho \in [0,7500; 0,9900]$, что характерно для вредоносного вторжения. Результаты изображаются на рисунке 1.

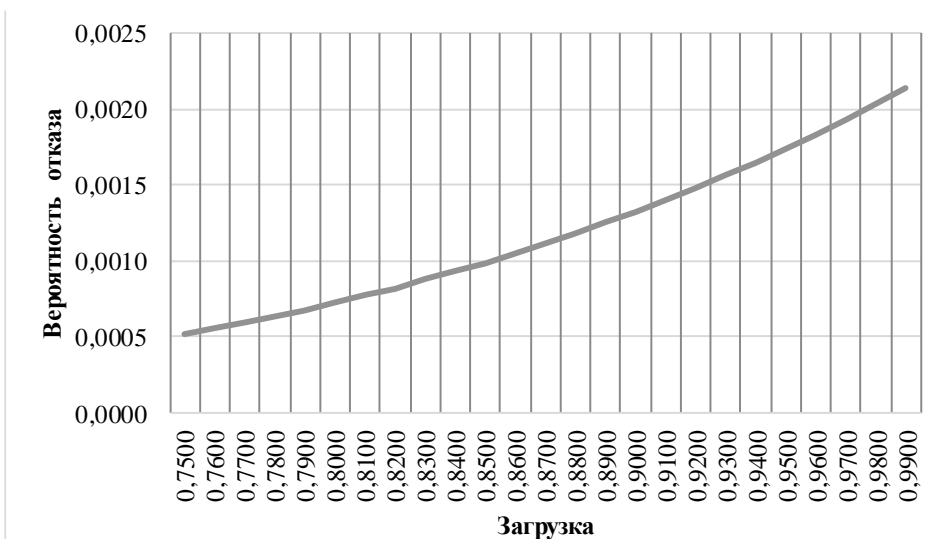


Рис. 1. График зависимости вероятности отказа от загрузки

Из рисунка 1 видно, что на заданном отрезке изменения загрузки ρ вероятность отказа $p_{отк}$ возрастает. После того, как ЛПР (лицо, принимающее решения) выберет загрузку ρ , по формуле (1) определяется эффективная производительность μ .

На основании полученного подхода при участии ЛПР и в системах обнаружения вторжений в реальном масштабе времени можно производить коррекцию производительности компьютерных узлов, входящих в информационный контур промышленных предприятий. Эта коррекция осуществляется путем изменения производительности обработки и апостериорно приводит к совершенствованию и развитию аппаратно-программных комплексов компьютерных узлов. В результате можно компенсировать вредоносные воздействия и атаки несанкционированного доступа.

Список литературы

1. Щербаков М.А. Модельное прогнозирующее управление как пример применения информационных технологий в перерабатывающей промышленности / М.А.Щербаков, С.П.Грабарник // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество», т.1, 2005. С. 194–195.
2. Скворцова В.А. Становление сектора наукоемких отраслей промышленности / В.А.Скворцова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки, №1 (25), 2013. С. 163–169.
3. Волынский В.В. Применение информационных технологий в производственных процессах аккумуляторной промышленности / В.В.Волынский, А.В.Лопашев и др. // Вестник Саратовского государственного технического университета, т.2, №1 (7), 2005. С. 60–77.
4. Фаткуллина Р.Р. Компетентностная подготовка в области информационных технологий студентов технологической специальности (на примере проблем материаловедения по оптимизации свойств полимерно-

текстильных материалов) / Р.Р.Фаткуллина, Л.Н.Абуталипова, Д.Р.Зиятдинова // Вестник Казанского технологического университета, №9, 2010. С. 700–703.

5. Бессарабов А.М. Анализ инновационных ресурсов ведущих промышленных предприятий химического комплекса на основе системного подхода / А.М.Бессарабов, А.Л.Кочетыгов // Вестник Казанского технологического университета, т.15, №22, 2012. С. 147–150.

6. Назайтинский С.В. Совершенствование управления промышленными предприятиями на основе формирования единого интегрированного пространства управления / С.В.Назайтинский // Транспортное дело России, №3, 2013. С. 113–115.

7. Горин Е.А. Информационные технологии и инновационное развитие промышленности / Е.А.Горин // Инновации, №7, 2005. С. 67–68.

8. Пергунова О.В. Проблемы оценки эффективности использования информационных технологий в металлургической промышленности / О.В.Пергунова // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН, №3, 2011. С. 32–32.

9. Зыков Д.Д. Проблема информационной безопасности производства нанoeлектроники / Д.Д.Зыков, Р.В.Мещеряков, С.С.Бондарчук // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, №1-1 (21), 2010.С. 93–96.

10. Криволапов В.Г. Значение и состояние развития систем безопасности информационных технологий для бизнеса и коммерческого использования в производстве / В.Г.Криволапов, М.М.Бикмухаметов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, т.2, №18-1, 2008. С. 159–161.

11. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневский. М.: Техносфера, 2004. 512 с.

12. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. М.: Высш. школа, 1972. 368 с.

13. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. М.: Наука, 1966. 432 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПОДХОДОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ РАСПОЗНАЮЩИХ АЛГОРИТМОВ

Ш.Х. Фазылов, Н.М. Мирзаев, Г.Р. Мирзаева

*Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий
при ТГУИТ им. М. Ал-Хоразмий*

Аннотация. В работе рассмотрены наиболее распространенные модели алгоритмов распознавания. Показаны основные идеи построения этих моделей. Более глубоко проанализированы модели, основанные на вычислении оценок. Приведены достоинства и недостатки существующих моделей на основе их анализа.

Ключевые слова: *распознавание образов, классификация алгоритмов распознавания, модели распознавания, модели алгоритмов вычисления оценок.*

CLASSIFICATION OF BASIC APPROACHES IN CONSTRUCTING RECOGNIZING ALGORITHMS

Sh. X. Fazilov, N.M. Mirzaev, G.R. Mirzaeva

*Scientific and innovation center of information and communication technologies,
TUIT named after Muhammad Al-Khwarizmi*

Abstract. The paper discusses the most common models of recognition algorithms. The main ideas of building these models are shown. The models based on the calculation of estimates are more deeply analyzed. The advantages and disadvantages of the existing models are given based on their analysis.

Keywords: *pattern recognition, classification of recognition algorithms, recognition models, models of estimates calculation algorithms.*

Введение

В последние годы распознавание образов находит все большее применение в повседневной жизни [1]. Распознавание речи, печатного и рукописного текста значительно упрощает взаимодействие человека с компьютером. Системы идентификации личности, основанные на распознавании человека по биометрическим характеристикам, позволили решить ряд задач, таких как контроль доступа, проверка подлинности документов, активное видеонаблюдение и т.д.

Известно [2], что начальный интерес к задачам распознавания образов возник в связи с вопросами исследования процессов интеллектуальной деятельности мозга человека. При этом основное внимание было обращено к исследованию процессов распознавания неизвестных объектов (ситуаций, явлений и т.п.) человека и к проблеме моделирования этих процессов на компьютерах. Однако результаты работы многих исследователей показали, что практическое значение проблемы распознавания невероятно большое и выходит за рамки ее значимости в «физиологической» трактовке.

Анализ литературных источников по распознаванию показывает, что различные авторы, в частности [1-25] дают разную классификацию методов распознавания образов. Например, в [2,3] существующие методы разделяются на три категории: эвристические, математические и лингвистические.

Классификацию методов распознавания в работах [4,5] рассмотрены с точки зрения построения решающих функций. При этом все существующие подходы к построению решающих функций разделяются на два направления. В каждом направлении выделяется три подхода. Параметрические и непараметрические методы, а также методы аппроксимации функции распределения вероятности относятся к первому направлению. Методы, связанные с определением наилучшего алгоритма из некоторого семейства алгоритмов распознавания, методы определения меры сходства в признаковом пространстве и методы построения дерева решения относятся ко второму.

В работах [6, 7] предлагается другая классификация. По их мнению методы распознавания необходимо разделить на две группы. Первая группа состоит из методов, основанных на операциях с признаками и которые

называются интенциональными методами распознавания. Методы, входящие во вторую группу, называются экстенциональными методами распознавания и они основаны на операциях с объектами.

Подобная классификация задач и методов распознавания с тем или иным уровнем детализации приведена во многих литературных источниках. Однако, на наш взгляд, одна из самых удачных классификаций методов распознавания принадлежит академику РАН Ю.И. Журавлеву, в которой выделяются модели распознавания, исходя из исторически сложившихся школ и направлений в данной области [1, 8].

Известно, что развитие теории распознавания образов подразделяют на два этапа. На первом этапе разрабатывались алгоритмы для решения конкретных прикладных задач, и их ценность определялась, прежде всего, достигнутыми экспериментальными результатами [9, 10]. Второй же этап развития носит характер перехода от отдельных алгоритмов к построению моделей – семейства алгоритмов для единого описания методов решения классификационных задач [1, 8, 11]. Появление моделей алгоритмов позволило ставить и решать в рамках определенной модели задачу выбора алгоритма, оптимального по функционалу качества распознавания. Построение такого оптимального алгоритма приводит к исследованию, реализации и разработки вычислительных процедур поиска неизвестных параметров.

Анализ существующих модели распознавания

На сегодняшний день разработано и исследовано несколько типов моделей, которые позволяют выделить следующие достаточно известные алгоритмы распознавания образов.

Модели, основанные на вычисление оценок. Модели алгоритмов вычисления оценок (АВО) достаточно глубоко исследованы и использованы при решении разнообразных прикладных задач, где получена высокая точность распознавания [1, 12]. Практически все исследования по распознаванию образов в нашем Центре осуществляются в рамках модели, основанные на вычислении оценок. В связи с этим, эти модели будем более подробно рассмотреть в разделе 3 данной работы.

Модели, основанные на использование принципа разделения [1, 2, 13-16]. Во многих задачах распознавания описание объектов задаются как вектор измерений набора параметров (признаков) рассматриваемого объекта распознавания. Тогда рассматриваемые объекты могут представить как точки в n -мерном евклидовом пространстве. Такие объекты (точки) могут быть разделены на классы гиперповерхностей (или набором гиперповерхностей), например:

$$R(x) = \sum_{i=0}^n a_i x_i, \text{ где } x_0 = 1.$$

Модели, построенные на основе подобного рода разделяющих функций Ю.И. Журавлевым, названы R -моделью. Успех применения R -модели зависит от двух факторов: вида функции $R(x)$ и практической возможности определения ее коэффициентов.

Статистические модели [1, 2, 10, 16, 17]. Модели алгоритмов распознавания этого типа опираются на аппарат теории вероятностей и математической статистики. Они в основном строятся на базе байесовского подхода и принципа минимакса. Байесовский подход используется в тех случаях, когда известны (или могут быть просто определены) вероятности того, что данный объект принадлежит определённому классу. Принцип минимакса применяется при неизвестной априорной к апостериорной вероятности.

Статистические модели алгоритмов распознавания определяются заданием ряда параметров и функционалов.

Модели, построенные на принципе потенциалов [1, 2, 10, 18, 19]. В основе формирования этих моделей лежит так называемая потенциальная функция, заимствованная из физики. В настоящее время разработано несколько разновидностей моделей, которые различаются между собой выбором законов коррекции разделяющей функции от шага к шагу. Эти модели алгоритмов распознавания задаются некоторыми параметрами и монотонно убывающими функциями расстояния между объектами, а также функционалами качества.

Модели, построенные на базе математической логики [1, 4, 5, 12, 13, 20]. Модели алгоритмов распознавания этого типа опираются на аппарат математической логики. Они в основном строятся на основе исчисления высказываний. Классы и признаки объектов, в этих моделях, рассматриваются как логические переменные. Описание классов на языке признаков представляется в форме булевых соотношений.

Модели, основанные на вычислении оценок

В основе формирования моделей, основанные на вычислении оценок [1, 8, 10, 12, 21-25], лежит принцип частичной прецедентности. Принцип действия этих моделей состоит в вычислении степени сходства, характеризующей «близость» распознаваемого и эталонных объектов по системе опорных признаков, которые представляют собой совокупность подмножеств заданного множества признаков. Наличие близости является частичным прецедентом и оценивается по некоторому заданному правилу.

Необходимо отметить, что в этой модели, в отличие от других рассмотренных моделей, принципиально по-новому выполняются операции над описаниями объектов. В АВО объекты распознавания рассматриваются в самых разных подпространствах пространства признаков одновременно. Как уже отметили, основная идея класса АВО заключается в сравнении признаков объектов по частям. Однако, не всегда известно, какие сочетания признаков является наиболее информативными. В связи с этим степень сходства объектов, в данной модели алгоритмов, вычисляется при сравнении всех возможных (или определенных) сочетаний признаков объектов.

В данной модели алгоритмов для определения рассматриваемых сочетаний признаков (подпространства) используются специальные слова. Они называются опорными множествами или множествами частичных описаний объектов.

Задача определения сходства и различия объектов, в рамках модели алгоритмов вычисления оценок, формулируется как задачи параметрического

поиска. При этом поиск осуществляется на этапе настройки АВО по обучающей выборке и подбираются оптимальные значения введенных параметров. Критерием качества служит ошибка распознавания.

Реализация процедуры распознавания, в рамках данной модели, осуществляется в следующей последовательности:

1) задается система опорных множеств алгоритма, по которым анализируется распознаваемый объект;

2) определяется понятие близости на множестве ω -частей описаний объектов;

3) определяется схема вычисления оценки близости эталонного и распознаваемого объекта, т.е. вычисляется величина, называемая оценкой для пар объектов;

4) указывается способ формирования оценок для каждого из классов по фиксированному опорному множеству на базе оценок для пар объектов;

5) определяется способ формирования суммарной оценки для каждого из классов по всем опорным подмножествам;

б) задается правило принятия решения, которое на основе оценок для классов обеспечивает отнесение распознаваемого объекта к одному из классов или отказывается от принятия решения.

Модели АВО успешно используются для решения многих прикладных задач, в частности, медицинской и технической диагностики, геологической разведки, идентификации и управления технологическими процессами, оптимизации процесса принятия решений, обработки результатов биологического эксперимента. Кроме того, в рамках модели АВО можно решать некоторые задачи проблемы распознавания: выбор словаря признаков на основе оценки их информативности, описание классов на языке признаков, отнесение распознаваемого объекта к одному из классов, автоматическая классификация [1, 12].

Следует отметить, что теоретические возможности данной модели не ниже возможностей любого другого, так как с помощью этих алгоритмов могут быть реализованы все мыслимые операции с исследуемыми объектами. Однако, как это обычно бывает, при расширении потенциальных возможностей АВО наталкивается на ряд трудностей. Они, в основном, связаны с практическими реализациями АВО. Например, при большой мощности системы опорных множеств организация вычислительной процедуры непосредственно по описаниям требует большого объема вычислительных операций.

Результаты первых исследований, связанных с моделью АВО, приведены в [21], а дальнейшее развитие отражено в серии публикаций [1, 8, 12]. В большом цикле работ эти модели глубоко исследованы, а также использованы для решения разнообразных прикладных задач, где получена высокая точность распознавания.

В процессе развития теории и практики распознавания стало ясно, что систематизация выбора наилучшего алгоритма распознавания непосредственно связана с формализацией теории распознавания и ее основных понятий - образа

и алгоритма распознавания. Для решения первой задачи существенное значение имеет теория образов У. Гренандера [26-28].

Известно [1, 8], что в 70-е годы XX века были построены единообразные описания (схемы) для множества эвристических («некорректных») процедур, но успешно решающих реальные задачи. При этом они задаются указанием переменных, объектов, функций, параметров и точным определением областей их изменений, что приводит к описанию модели класса некорректных алгоритмов. Эти описания класса алгоритмов представляют задачу, сходную с построением общего определения алгоритма распознавания.

Формирование модели распознающего алгоритма позволило изучать множество некорректных процедур распознавания с помощью строгих математических методов. Разработка различных моделей алгоритмов распознавания позволило ставить и решать задачу выбора алгоритма, экстремального по функционалу качества классификации или прогноза в пределах определенной модели. Следующий этап развития теории распознавания связан с изучением строения в целом совокупности некорректных алгоритмов для решения задач, связанных с вычислением конечного числа свойств, фиксированных априори. Анализ совокупности некорректных алгоритмов распознавания позволил по мере их накопления выделять и описывать не только отдельные частные алгоритмы, но и принципы их формирования. Эти принципы, действующие уже над множествами алгоритмов и формулируемые сначала также в плохо формализованном виде, могут затем реализовываться в виде точных математических описаний. На этом этапе выбор принципа имеет собственно эвристический характер, а алгоритмы, порождаемые на основе соответствующего принципа, могут строиться стандартным образом [1]. На этой основе Ю.И.Журавлев сформулировал задачу построения общей теории алгоритмов распознавания и разработал «алгебраический подход к решению задач распознавания и классификации», обеспечивающий эффективное исследование и описание класса алгоритмов распознавания. В рамки данного подхода полностью укладываются существующие модели алгоритмов [1, 8].

Параметризация многих моделей алгоритмов распознавания (реализующих принцип разделения, вероятностных, АВО, основанных на методе потенциальных функций) и возможность нахождения значения параметров на основе имеющейся информации о классах позволяют выбирать корректные алгоритмы для некоторых подклассов задач. Анализ результатов огромного числа прикладных задач показал, что такие подклассы довольно узки. В противном случае семейство алгоритмов распознавания должно было бы являться достаточно точной моделью объекта исследования. При этом следует подчеркнуть, что построение оптимального алгоритма в многопараметрической модели связано с решением достаточно трудных экстремальных задач. В качестве выхода из этой ситуации и был предложен алгебраический подход: расширение модели семейства алгоритмов с помощью алгебраических операций и построение модели, гарантирующей получение корректного алгоритма для решения изучаемого класса задач.

Отметим, что в результате применения алгебраической теории алгоритмов распознавания можно построить алгоритмы, правильно классифицирующие конечную выборку по всем классам. Для этого необходимо взять любую полную модель, рассмотреть линейное замыкание совокупности ее распознающих операторов и присоединить к ней любое корректное решающее правило. Таким образом, вместо построения формальных моделей в различных областях, плохо поддающихся формализации, достаточно построить семейство «эвристических» алгоритмов решения соответствующих задач, затем ввести алгебру на множестве таких задач и построить алгебраическое замыкание эвристических алгоритмов. В этом замыкании оказывается принципиально разрешима любая задача из множества задач, связанных с исследованием плохо формализованных ситуаций.

Заключение

Приведенный краткий обзор ряда опубликованных работ по распознаванию образов показывает, что в настоящее время разработан огромное количество методов и алгоритмов, используемых при построении систем распознавания различного назначения. В основе каждой системы распознавания лежат определенные модели распознавания. Анализ этих моделей позволяет сделать следующие выводы.

Для решения большинства практических задач распознавания, на сегодняшний день, требуется обработать информацию достаточно большого объема. В связи с этим одним из основных требований, предъявляемых к современным алгоритмам распознавания, является высокая скорость при распознавании “неизвестных” объектов. Однако, удовлетворить данные требования с помощью большинства известных алгоритмов распознавания не представляется возможным без привлечения методов предварительной обработки данных, которые не всегда известны при решении конкретных прикладных задач.

При обработке данных большого объема, часто используется большое число переменных (признаков) для описания объектов распознавания. Однако, с ростом числа признаков растет и вероятность появления некоторой коррелированности между этими признаками, что затрудняет использование многих известных моделей алгоритмов распознавания. Вследствие этого процедуры построения экстремального алгоритма распознавания становятся довольно сложными. К тому же большинство алгоритмов распознавания требуют привлечения весьма значительных вычислительных мощностей, которые могут быть обеспечены только высокопроизводительной компьютерной техникой. Таким образом, вопросы о практической применимости тех или иных моделей алгоритмов распознавания для решения задач при реальных размерностях данных можно считать недостаточно разработанными.

Список литературы

1. Журавлев Ю.И. Избранные научные труды. –М.: Магистр, 1998. –420 с.

2. Ту Дж. Г., Гонсалес З.К. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 411 с.
3. Авалиани Г.В. Эвристические методы в распознавании образов. – Тбилиси: Мецниереба, 1988. – 77 с.
4. Лбов Г.С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных. – Новосибирск: Наука, 1981. – 160 с.
5. Лбов Г.С., Бериков В.Б. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 2005. – 220 с.
6. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. – СПб.: Братство, 1994. – 365 с.
7. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 1999. – 318 с.
8. Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. – М.: Фазис, 2006. – 159 с.
9. Ковалевский В.А. Современное состояние проблемы распознавания образов // Кибернетика. – Киев, 1967. – №5. – С. 78-92.
10. Васильев В.И. Распознающие системы. – Киев: Наукова думка, 1983. – 422 с.
11. Журавлев Ю.И., Гуревич И.Б. Распознавание образов и распознавание изображений // Распознавание, классификация, прогноз: Математические методы и их применение. – М.: Наука, 1989. – Вып. 2. С. 5-72.
12. Журавлев Ю.И., Камилов М.М., Туляганов Ш.Е. Алгоритмы вычисления оценок и их применение. – Ташкент: Фан, 1974. – 119 с.
13. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 1999. – 270 с.
14. Игнатъев Н.А. Интеллектуальный анализ данных на базе непараметрических методов классификации и разделения выборок объектов поверхностями. — Ташкент: Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, 2010. – 140 с.
15. Фомин Я.А. Распознавание образов: теория и применения. – М.: ФАЗИС, 2012. – 429 с.
16. Duda R., Hart P., Stork D. Pattern Classification. – New York: John Wiley, 2001. – 680 p.
17. Шлезингер М., Главач В. Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию. – Киев: Наукова думка, 2004. – 545 с.
18. Айзерман М.А., Браверманн Э.М., Розоноэр Л.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970. – 348 с.
19. Богоносцева Т.А. Метод потенциальных функций в распознавании образов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 1. С. 154-155.
20. Кудрявцев В.Б., Андреев А.Е., Гасанов Э.Э. Теория тестового распознавания. – М.: Физматлит, 2007. – 320 с.

21. Дмитриев А.Н., Журавлев Ю.И., Кренделев Ф.П. О математических принципах классификации предметов и явлений // Дискретный анализ. – Новосибирск, 1966. – Вып. 7. – С. 3-11.

22. Еханин С.,М., Кочетова А.,И. Вычисление оценок для стандартной обучающей информации в задачах распознавания // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2002. Т.42№3. С.438–441.

23. Дьяконов А.Г. Теория систем эквивалентностей для описания алгебраических замыканий обобщенной модели вычисления оценок // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2010. Том 50. №2. С. 388–400.

24. Романов М.Ю. Реализация одного метода построения распознающего алгоритма в алгебре над множеством алгоритмов вычисления оценок // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2008. Том 48. № 9. С. 1721–1727

25. Максимов Ю.В. Корректные алгебры над алгоритмами вычисления оценок в множестве регулярных задач распознавания с непересекающимися классами // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2009. Том 49. №7. С. 1327–1339

26. Гренандер У. Лекции по теории образов: Регулярные структуры. – М.: Мир, 1983. – 432с.

27. Гренандер У. Лекции по теории образов: Анализ образов. – М.: Мир, 1981. – 448 с.

28. Гренандер У. Лекции по теории образов: Синтез образов. – М.: Мир, 1979. – 383 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНФОРМАЦИОННОЙ УГРОЗЫ ФАЙЛОВОГО СЕРВЕРА

Е.В. Чернышова, А.А. Скрыпников

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. Файл-сервер — это выделенный сервер, предназначенный для выполнения файловых операций ввода-вывода и хранящий файлы любого типа. Как правило, обладает большим объемом дискового пространства, реализованном в форме RAID-массива для обеспечения бесперебойной работы и повышенной скорости записи и чтения данных. Файловый сервер, во-первых, отвечает за обеспечение взаимодействия между сетевыми станциями. Во-вторых, делает возможным для пользователей доступ к файлам, необходимым для работы. Обычно он же контролирует доступ к данным и ограничивает его, если на это не получено разрешение.

Ключевые слова: *информационная безопасность, файл-сервер, моделирование, угрозы.*

MODELING OF INFORMATION THREATS OF FILE SERVER

E.V. Chernyshova, A.A. Skrypnikov

Voronezh State University of Engineering Technologies

Abstract. File server is a dedicated server dedicated to performing file I / O operations and storing files of any type. As a rule, it has a large amount of disk space, implemented in the form of a RAID array to ensure uninterrupted operation and increased write and read speed. The file server, firstly, is responsible for ensuring the interaction between network stations. Secondly, it makes it possible for users to access the files necessary for work. Usually, it controls access to data and restricts it if permission is not obtained.

Keywords: *information security, file server, modeling, threats.*

Для рассмотрения жизнестойкости файлового сервера необходимо построить модель угроз информационной безопасности. Для этого воспользуемся сетями Петри-Маркова.

Смоделируем процесс атаки на файловый сервер и построим граф данной сети, представленный на рис. 1.

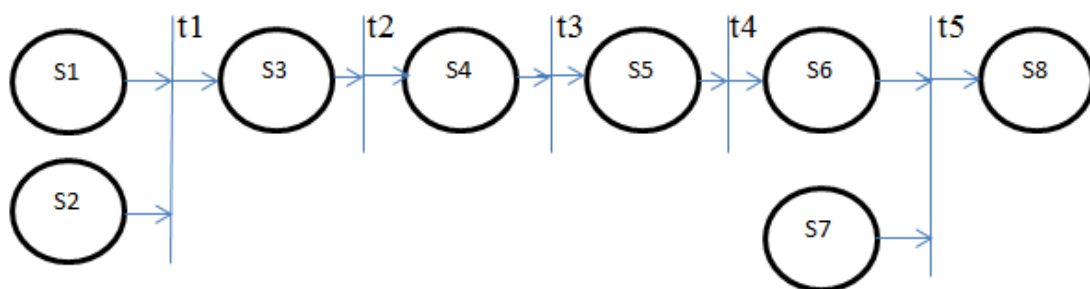


Рис.1. Граф сети Петри-Маркова при атаке на файловый сервер

Дадим обозначения для данной сети, S_i – позиции, t_i – переходы:

S_1 – злоумышленник готов к совершению атаки; S_2 – файловый сервер готов; t_1 – злоумышленник производит сканирование сети; S_3 – нахождение компьютеров-зомби [1, с.81]; t_2 – злоумышленник производит отправку ПО; S_4 – компьютеры-зомби после управляющих запросов от злоумышленника становятся управляющими компьютерами; t_3 – управляющие компьютеры производят сканирование сети для поиска хостов, которые непосредственно будут совершать атаку; S_5 – хосты-зомби найдены; t_4 – злоумышленник повторно отправляет вредоносное ПО хостам-зомби; S_6 – хосты-зомби готовы к атаке; S_7 – пользователь сети; t_5 - начало атаки: злоумышленник передает команду хостам-зомби, те в свою очередь отправляют запросы на файловый сервер, после определенного количества которых, пользователи сети теряют доступ к серверу; S_8 – файловый сервер недоступен, пользователи не имеют доступа к серверу [2, с.31].

Построим матрицу данного графа сети Петри-Маркова:

$$V_{S_1 t_5} =$$

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
S_1	1	0	0	0	0
S_2	1	0	0	0	0
S_3	$S_1 t_1 \cup S_2 t_1$	1	0	0	0
S_4	0	1	1	0	0
S_5	0	0	1	1	0
S_6	0	0	0	1	1
S_7	0	0	0	0	1
S_8	0	0	0	0	$S_6 t_5 \cap S_7 t_5$

Для данной сети Петри-Маркова составим систему-интегрально-дифференциальных уравнений [3, с. 39]:

$$\Phi_{S_1 t_1}(t) = \lambda_{11} \int_0^t f_{S_1 t_1}(\tau) d\tau,$$

$$\Phi_{S_2 t_1}(t) = \lambda_{21} \int_0^t f_{S_2 t_1}(\tau) d\tau,$$

$$\Phi_1(t) = \int_0^t (f_{S_1 t_1}(\tau)(1 - \Phi_{S_2 t_1}(\tau)) + f_{S_2 t_1}(\tau)(1 - \Phi_{S_1 t_1}(\tau))) d\tau,$$

$$\Phi_{S_3 t_2}(t) = \lambda_{32} \int_0^t f_{S_3 t_2}(\tau) \Phi_1(t - \tau) d\tau,$$

$$\Phi_{S_4 t_3}(t) = \lambda_{43} \int_0^t f_{S_4 t_3}(\tau) \Phi_{S_3 t_2}(t - \tau) d\tau,$$

$$\Phi_{S_5 t_4}(t) = \lambda_{54} \int_0^t f_{S_5 t_4}(\tau) \Phi_{S_4 t_3}(t - \tau) d\tau,$$

$$\Phi_{S_6 t_5}(t) = \lambda_{65} \int_0^t f_{S_6 t_5}(\tau) \Phi_{S_5 t_4}(t - \tau) d\tau,$$

$$\Phi_{S_7 t_5}(t) = \lambda_{75} \int_0^t f_{S_7 t_5}(\tau) d\tau$$

$$\Phi_2(t) = \int_0^t f_{S_6 t_5}(\tau)(1 - \Phi_{S_7 t_5}(\tau)) + f_{S_7 t_5}(\tau)(1 - \Phi_{S_6 t_5}(\tau)) d\tau.$$

$f_{s_i t_j}(t)$ — плотность вероятности времени перемещения из состояния s_i к переходу t_j , $\Phi_{s_i t_j}(t)$ — соответствующий закон распределения, λ_{ij} — вероятность срабатывания перехода, причем вероятности срабатывания всех переходов на данной траектории не зависят от времени.

Полагаем, что плотности распределения вероятностей являются экспоненциальными зависимостями и имеют вид [4, с. 45]:

$$f_{s_i t_j} = \alpha_{ij} e^{-\alpha_{ij} t},$$

При $i=1 \dots 8, j=1 \dots 5$.

Для расчета среднего времени перемещения по сети Петри-Маркова применим пуассоновской приближение для плотностей распределения вероятностей времени в переходы сети:

$$\tau_1 = \frac{\tau_{11}^2 + \tau_{11}\tau_{21} + \tau_{21}^2}{\tau_{11} + \tau_{21}},$$

$$\tau_2 = \tau_1 + \tau_{32} + \tau_{43} + \tau_{54} + \tau_{65},$$

$$\tau = \frac{\tau_2^2 + \tau_2 \tau_{75} + \tau_{75}^2}{\tau_2 + \tau_{75}},$$

$$\tau = \frac{\left(\frac{\tau_{11}^2 + \tau_{11} \tau_{21} + \tau_{21}^2}{\tau_{11} + \tau_{21}} + \tau_{32} + \tau_{43} + \tau_{54} + \tau_{65}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{11}^2 + \tau_{11} \tau_{21} + \tau_{21}^2}{\tau_{11} + \tau_{21}} + \tau_{32} + \tau_{43} + \tau_{54} + \tau_{65}\right) \tau_{75} + \tau_{75}^2}{\frac{\tau_{11}^2 + \tau_{11} \tau_{21} + \tau_{21}^2}{\tau_{11} + \tau_{21}} + \tau_{32} + \tau_{43} + \tau_{54} + \tau_{65} + \tau_{75}}.$$

$$P(t) = 1 - e^{-\frac{1}{\tau}t}.$$

Исходные параметры атаки имеют следующие значения:

$\tau_{11} = \tau_{43} = 10,5$ с., среднее время запуска и настройки программы сканирования;

$\tau_{32} = \tau_{54} = 0,1$ с., время пересылки и обработки пакета;

$\tau_{65} = 0,1$ с., время приведения файлового сервера в недоступное состояние.

В случае если не применять мер противодействия атаке на файловый сервер время перехода будет стремиться к нулю, следовательно, время перехода по всей сети будет равно $\tau = 21,3$ сек [5, с. 345]

График зависимости реализации атаки от времени представлен на рис. 2.

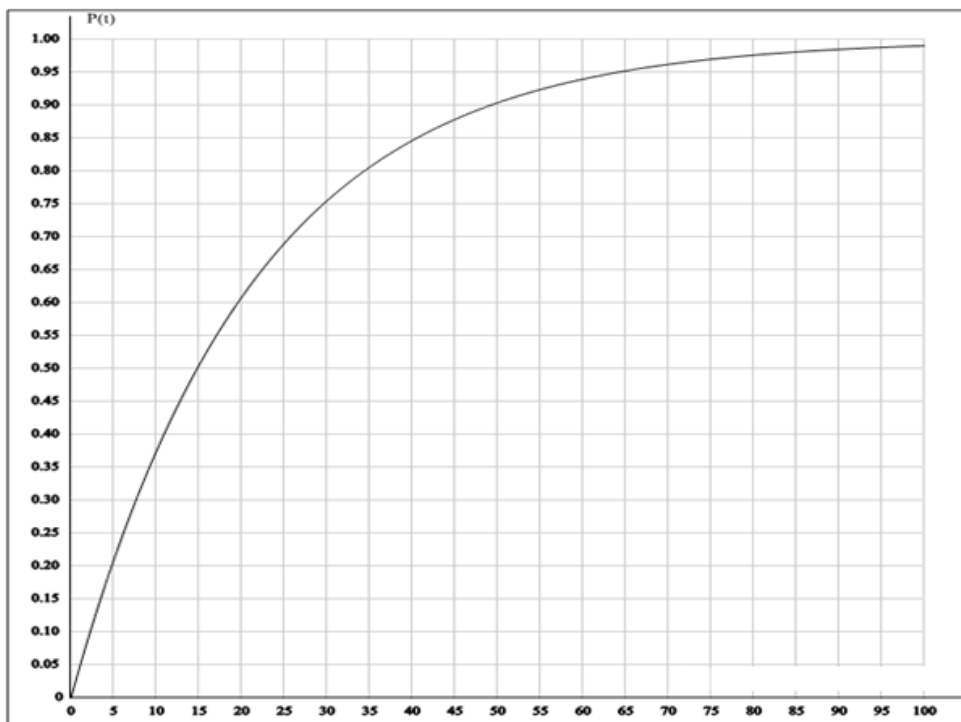


Рис. 2. График вероятности реализации атаки на файловый сервер

Можно сделать вывод, что атаки на файловый сервер занимают малый промежуток времени, следовательно, для противодействия им необходимо использовать программное обеспечение, предназначенное для контроля входящего потока информации.

Более подробно рассмотрим второй вид угроз, а именно один ее подвид DDoS-атаку.

DDoS-атака – распределенная атака типа «отказ в обслуживании», которая является одной из самых распространенных и опасных сетевых атак. В результате атаки нарушается или полностью блокируется обслуживание законных пользователей, сетей, систем и иных ресурсов.

Большинство DDoS-атак используют уязвимости в основном протоколе Internet (TCP/IP), а именно, способ обработки системами запроса SYN.

Выделяют два основных типа атак, которые вызывают отказ в обслуживании. В результате проведения атаки первого типа, останавливается работа всей системы или сети. Хакер отправляет системе данные или пакеты, которые она не ожидает, и это приводит к остановке системы или к ее перезагрузке.

Второй тип DDoS-атаки приводит к переполнению системы или локальной сети при помощи огромного количества информации, которую невозможно обработать [6, с. 40].

DDoS-атака заключается в непрерывном обращении к сайту со многих компьютеров, которые расположены в разных частях мира. В большинстве случаев эти компьютеры заражены вирусами, которые управляются мошенниками централизованно и объединены в одну ботсеть. Компьютеры, которые входят в ботсеть, рассылают спам, участвуя, таким образом, в DDoS-атаках.[7, с. 62]

Выявление DoS/DDoS-атак. Существует мнение, что специальные средства для выявления DoS-атак не требуются, поскольку факт DoS-атаки невозможно не заметить. Во многих случаях это действительно так. Однако достаточно часто наблюдались удачные DoS-атаки, которые были замечены жертвами лишь спустя 2-3 суток. Бывало, что негативные последствия атаки (флуд-атаки) выливались в излишние расходы на оплату избыточного Internet-трафика, что выяснялось лишь при получении счёта от Internet-провайдера. Кроме того, многие методы обнаружения атак неэффективны вблизи объекта атаки, но эффективны на сетевых магистральных каналах. В таком случае целесообразно ставить системы обнаружения именно там, а не ждать, пока пользователь, подвергшийся атаке, сам её заметит и обратится за помощью. К тому же для эффективного противодействия DoS-атакам необходимо знать тип, характер и другие характеристики DoS-атак, а оперативно получить эти сведения как раз и позволяют службы обеспечения безопасности. Они помогают произвести некоторые настройки системы. Но определить, была ли данная атака произведена злоумышленником, либо отказ в обслуживании был следствием нештатного события, они не могут. В соответствии с правилами политики обеспечения безопасности, при обнаружении DoS или DDoS-атаки потребуется ее регистрация для дальнейшего аудита. После того, как атака была зафиксирована, могут потребоваться службы обеспечения безопасности для некоторых корректировок в системе и для ее возвращения к прежнему уровню работы. Также для обнаружения DDoS-атаки могут использоваться службы, не связанные с безопасностью, например, перенаправление трафика по другим каналам связи, включение резервных серверов для копирования информации.

Таким образом, средства для обнаружения и предотвращения DDoS-атак могут сильно различаться в зависимости от вида защищаемой системы.

Методы обнаружения DoS-атак можно разделить на несколько больших групп:

- сигнатурные — основанные на качественном анализе трафика.
- статистические — основанные на количественном анализе трафика.
- гибридные (комбинированные) — сочетающие в себе достоинства обоих вышеназванных методов.

Основные методики защиты от DDoS-атак:

- профилактические – превентивная мера, которая предусматривает устранение вероятных причин, по которым может произойти кибератака. В первую очередь, направлены на решение личностных или межгрупповых конфликтов, так как статистика крупнейших DDoS-атак показывает, что наибольшее количество кибератак происходит вследствие личных, религиозных, политических и др. распрей и провокаций;

- блэкхолинг и фильтрация – то есть, блокировка трафика, исходящего из атакующих машин. Чем ближе к атакующей системе, тем такой метод будет эффективнее, чем ближе к объекту атаки, тем он будет менее эффективным;

- обратная атака предусматривает перенаправление атакующего трафика непосредственно на источник DDoS –атаки;

- устранение условий, необходимых для DDoS -атаки – достаточно эффективная методика, но, к сожалению, не работающая для флуд-атак, так как для них условием является конечность того или иного системного ресурса;

- рассредоточение позволяет продолжать обслуживать пользователей даже в случае DDoS -атаки, так как подразумевает дублирование систем;

- наращивание ресурсов само по себе не способно защитить от DDoS -атаки, но является хорошей основой для применения прочих мер;

- уклонение – это увод цели атаки от прочих ресурсов, которые подвергаются сетевым атакам вместе с основной целью (доменом или IP).[8, с. 94]

Список литературы

1. Дубровин А.С., Лютова Т.В. [и др.]. Объектно-реляционная интеграция в защищенных СУБД ключевых систем информационной инфраструктуры / Дубровин А.С., Лютова Т.В. [и др.]. // Информатика: проблемы, методология, технологии. – Воронеж: ВГУ, 2015. – с.80-85.

2. Скрыпников А.В., Заец О.В. [и др.] Оценка эффективности системы защиты информации автоматизированной системы проектирования сложных многокомпонентных продуктов / Скрыпников А.В., Заец О.В. [и др.] // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Тольятти, 2015г. – с. 31-38.

3. Чернышова Е.В., Лыжник Е.А. [и др.] Разграничение доступа к объектам операционной системы / Чернышова Е.В., Лыжник Е.А. [и др.] // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Тольятти, 2015г. – с. 39-45.

4. Чернышова Е.В., Чичасова И.С. [и др.]. Методика построения корпоративной системы защиты информации / Чернышова Е.В., Чичасова И.С. [и др.]// Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Тольятти, 2015г. – с. 45-51.

5. Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Zemlyanukhin M.Yu. Firewall as a tool of implementation of security policy. Science and education [text] : materials of the viii international research and practice. Conference, Munich, march 19th–20th, 2015 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg –Munich – Germany, 2015. – с. 345-350.

6. Скрыпников А. В., Мамонова Е. Н. [и др.]. Построение алгоритмов обучения и распознавания изображений письменных знаков при обеспечении информационной безопасности / Скрыпников А. В., Мамонова Е. Н. [и др.] // Тенденции и перспективы развития современного научного знания. Науч.-инф. издат. Центр «Институт стратегических исследований». – Москва: Изд-во «Перо», 2015. – с. 40-44.

7. Скрыпников А. В., Чернов Д. А. [и др.]. Построение математической модели сетевой системы видеонаблюдения / Скрыпников А. В., Чернов Д. А. [и др.]. // Интеграция мировой науки и техники: императивы развития. – Ростов-на-Дону: ООО «Приоритет», 2015. – с. 62-68.

8. Ширинкин Н. В., Стукалов Р. В. [и др.]. Исследование задач проектирования комплексного технического обеспечения и обобщенная модель их решения / Ширинкин Н. В., Стукалов Р. В. [и др.]// Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2015. - № 4(66). – С. 93-98 .

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ РОБАСТНЫХ МОДИФИКАЦИЙ КРИТЕРИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ ДРУПА

В.М. Чубич, С.О. Кулабухова

Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. Предложены робастные модификации критерия максимального правдоподобия для оценивания неизвестных параметров моделей нелинейных непрерывно-дискретных систем при наличии аномальных наблюдений в измерительных данных. С использованием разработанного программно-математического обеспечения проведен их сравнительный анализ на примере модели культивирования микроводорослей.

Ключевые слова: *критерий максимального правдоподобия, робастное оценивание, параметрическая идентификация, аномальные выбросы, нелинейная непрерывно-дискретная система.*

A STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF SOME ROBUST MODIFICATIONS OF THE MAXIMUM LIKELIHOOD CRITERION ON THE DROOP MODEL

V.M. Chubich, S.O. Kulabukhova

Novosibirsk state technical university

Abstract. Robust modifications of the maximum likelihood criterion for unknown parameters estimation of models of nonlinear continuous-discrete systems, taking into account outliers in the measurement data, are proposed. Using the developed software, their comparative analysis on the example of the cultivation of microalgae model was carried out.

Keywords: *maximum likelihood criterion, robust estimation, parametric identification, outliers, nonlinear continuous-discrete system.*

Введение

В настоящее время математическое моделирование является важной составляющей современной науки. Методы построения математических моделей по результатам экспериментальных исследований составляют предмет теории идентификации. Для решения задачи параметрической идентификации традиционно используют метод максимального правдоподобия, который позволяет находить оценки, обладающие такими хорошими асимптотическими свойствами, как асимптотическая несмещенность, состоятельность и асимптотическая эффективность [1].

Часто на практике измерительные данные содержат аномальные наблюдения, возникающие по причине сбоя во время съема измерительных данных, а также искажения при их передаче. В этом случае применение классического метода максимального правдоподобия может привести к смещению и, в результате к некорректному решению задачи идентификации. Целесообразно применять робастное оценивание, устойчивое к наличию аномальных наблюдений в измерительных данных.

В докладе рассмотрены три робастные модификации критерия максимального правдоподобия и на примере модели культивирования микроводорослей выявлена наиболее эффективная из них.

Робастное оценивание неизвестных параметров

Рассмотрим нелинейную непрерывно-дискретную систему, описывающуюся следующими уравнениями в пространстве состояний:

$$\begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= f[x(t), u(t), t; \theta], t \in [t_0, t_N], x(t_0) = x_0; \\ y(t_{k+1}) &= h[x(t_{k+1}), t_{k+1}; \theta] + v(t_{k+1}), k = \overline{0, N-1}, \end{aligned}$$

где $x(t)$ – n -вектор состояния; $u(t)$ – r -вектор управления; $y(t_{k+1})$ – m -вектор измерения; $v(t_{k+1})$ – m -вектор шума измерений; θ – s -вектор подлежащих оцениванию неизвестных параметров.

Будем считать шум измерений белой гауссовской последовательностью, причем

$$E[v(t_{k+1})] = 0, E[v(t_{k+1})v^T(t_{j+1})] = \begin{cases} R, & k = j, \\ 0, & k \neq j. \end{cases}$$

Задача оценивания неизвестных параметров с помощью метода максимального правдоподобия предполагает решение следующей задачи нелинейного программирования

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta \in \Omega_{\theta}} \chi(\theta; Y_1^N) = \arg \min_{\theta \in \Omega_{\theta}} -\ln L(\theta; y(t_1), \dots, y(t_N)), \quad (1)$$

где

$$\chi(\theta; Y_1^N) = \frac{N}{2} \ln 2\pi + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \varepsilon^T(t_{k+1}) B^{-1}(t_{k+1}) \varepsilon(t_{k+1}) + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \ln \det B(t_{k+1}) \quad (2)$$

и

$$\varepsilon(t_{k+1}) = y(t_{k+1}) - h(x(t_{k+1}), t_{k+1}; \theta).$$

Учитывая возможность наличия аномальных наблюдений в измерительных данных, модифицируем вычисление ковариационной матрицы ошибки прогнозирования $B(t_{k+1})$ в критерии идентификации (2), взяв за основу публикации [2-4]. По результатам проведенной работы составим таблицу 1. Значения присутствующих в ней параметров определены в таблице 2.

Таблица 1

Вычисление $B(t_{k+1})$ для различных модификаций

Критерий идентификации	Соотношение для $B(t_{k+1})$
Классический ММП	$B(t_{k+1}) = R$
Робастная модификация на основе [2]	$c_i = \frac{\alpha_i}{(2\pi)^{m/2} (\det B_i)^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \varepsilon^T(t_{k+1}) B_i^{-1} \varepsilon(t_{k+1})\right),$ $\omega_i = \frac{c_i}{c_1 + c_2}, i = 1, 2; B(t_{k+1}) = \sum_{i=1}^2 \omega_i (B_i + \varepsilon(t_{k+1}) \varepsilon^T(t_{k+1}))$
Робастная модификация на основе [3]	$\alpha_i^{k+1} = \frac{1}{2} + \alpha_i^k, \beta_i^{k+1} = \beta_i^k + \frac{1}{2} (\varepsilon_i(t_{k+1}))^2, i = \overline{1, m},$ $B(t_{k+1}) = \text{diag} \left(\frac{\beta_1^{k+1}}{\alpha_1^{k+1}}, \dots, \frac{\beta_m^{k+1}}{\alpha_m^{k+1}} \right)$
Робастная модификация на основе [4]	$\hat{B}(t_{k+1}) = \frac{1}{k+1} \sum_{i=0}^k \varepsilon(t_{i+1}) \varepsilon^T(t_{i+1}), \lambda_R = \frac{\text{tr} \hat{B}(t_{k+1})}{\text{tr} \hat{R}(t_k)},$ $\hat{R}(t_{k+1}) = \lambda_R \hat{R}(t_k), B(t_{k+1}) = \hat{R}(t_{k+1})$

Численное применение робастных модификаций

Для сравнения эффективности разработанных модификаций, проведем параметрическую идентификацию модели культивирования микроводорослей Друпа в условиях постоянства температуры и светового освещения [5].

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_3 \left(1 - \frac{\theta_4}{x_3(t)} \right) x_1(t) - u(t)x_1(t) \\ -\theta_1 \frac{x_2(t)}{x_2(t) + \theta_2} x_1(t) - u(t)x_2(t) + u(t)S \\ \theta_1 \frac{x_2(t)}{x_2(t) + \theta_2} - \theta_3 x_3(t) + \theta_3 \theta_4 \end{bmatrix}, \quad t \in [t_0, t_N];$$

$$y(t_{k+1}) = x(t_{k+1}) + v(t_{k+1}), \quad k = 0, 1, \dots, N-1.$$

Здесь $x_1(t)$ – концентрация биомассы микроводорослей, мг/л; $x_2(t)$ – концентрация питательной среды, мкмоль/л; $x_3(t)$ – количество питательного вещества, приходящегося на долю биомассы, моль/кг; $u(t)$ – интенсивность разбавления питательной среды, дн^{-1} ; S – постоянная влияния питательной среды, мкмоль/л; θ_1 – максимальная скорость поглощения нитрата, моль/(кг·дн); θ_2 – постоянная полунасыщения питательной среды, мкмоль/л; θ_3 – максимальная скорость роста микроводорослей, дн^{-1} ; θ_4 – минимальное количество питательного вещества, приходящееся на долю биомассы, моль/кг.

Используя начальные условия из [5] и приняв в качестве истинных значений параметров $\theta_{true} = (0.1, 7.5, 1.645, 0.04)^T$, положим $t_0 = 0$ дн, $N = 30, t_{k+1} = 0.5(k+1)$ дн, $k = \overline{0, 29}$, $R = \text{diag}(10^3, 1, 10^{-5})$, $S = 0$ мкмоль/л, в качестве входного сигнала выберем

$$u(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t \in [0, 2), t \in [4, 9), t \in [11, 15]; \\ 0.5 \text{ дн}^{-1}, & \text{если } t \in [2, 4) \text{ и } t \in [9, 11). \end{cases}$$

Сравнение предложенных модификаций будем производить по значениям ошибки оценивания, которую будем вычислять по формуле

$$\delta_\theta = \frac{1}{s_1} \sum_{i=1}^{s_1} \frac{|\hat{\theta}_i^{cp} - \theta_{i,true}|}{|\theta_{i,true}|} + \frac{1}{s_2} \sum_{j=1}^{s_2} |\hat{\theta}_j^{cp}|.$$

Здесь $\hat{\theta}^{cp}$ – усреднённая оценка неизвестных параметров по всем запускам, s_1 – число ненулевых и s_2 – число нулевых истинных значений (у нас $s_1 = 4, s_2 = 0$).

Смоделируем данные наблюдений в программной среде MATLAB с помощью компьютерного моделирования, используя истинные значения параметров. Пусть коэффициент загрязнения $\gamma = 10\%$, аномальные наблюдения имеют случайный характер, примем в качестве дисперсии аномальных наблюдений $R_A = 10000R$.

С целью уменьшения влияния результатов от выборочных данных, осуществим 100 независимых запусков системы. Для решения задачи оптимизации (1) воспользуемся методом последовательного квадратичного

программирования или SQP (от англ. Sequential Quadratic Programming), являющимся одним из наиболее эффективных, современных методов нелинейного программирования [6] и реализованным в рамках пакета Optimization Toolbox.

Таблица 2

Параметры робастных модификаций

Модификация на основе [2]	Модификация на основе [3]	Модификация на основе [4]
$\alpha_1 = 0.9, \alpha_2 = 0.1,$ $B_1 = R, B_2 = 10000R$	$\alpha^0 = \beta^0 = (1, \dots, 1)$	$\hat{R}(t_0) = R$

Определим в соответствии с таблицей 2 параметры рассматриваемых робастных модификаций критерия максимального правдоподобия и осуществим параметрическую идентификацию модели Друпа, представив численные результаты в таблице 3.

Таблица 3

Результаты параметрической идентификации

	Классический ММП	Робастная модификация на основе [2]	Робастная модификация на основе [3]	Робастная модификация на основе [4]
$\hat{\theta}_1$	0.0852	0.0826	0.0989	0.0943
$\hat{\theta}_2$	7.5133	7.6305	7.5456	7.6265
$\hat{\theta}_3$	1.4816	1.6924	1.6618	1.7105
$\hat{\theta}_4$	0.0382	0.0431	0.0377	0.0363
δ_θ	0.073	0.074	0.021	0.051

Выводы

Анализируя полученные результаты (см. последнюю строку таблицы 3) можно заметить, что использование робастной модификации критерия идентификации на основе работы [2] не привело к повышению точности оценивания параметров рассматриваемой математической модели. При использовании двух других модификаций относительная ошибка оценивания заметно снизилась.

При этом лучшей оказалась модификация, разработанная на основе статьи [3]: при ее использовании ошибка оценивания уменьшилась в 3.48 раза, в то время как для модификации из [4] это величина оказалась равной 1.43.

Список литературы

1. Боровков А.А. Математическая статистика / А.А. Боровков. – Новосибирск: Наука; Изд-во Ин-та математики, 1997. – 772 с.

2. Plataniotis K.N., Androutsos D., Venetsanopoulos A.N. Nonlinear filtering of non-Gaussian noise // Journal of Intelligent and Robotic Systems. – 1997. – V. 19. – P. 207–231.

3. Särkkä S., Nummenmaa A. Recursive noise adaptive Kalman filtering by variational Bayesian approximations // IEEE Transactions on Automatic control. – 2009. – Vol. 54. – P. 596 – 600.

4. Jwo D.-J., Chung F.-C., Weng T.-P. Adaptive Kalman filter for navigation sensor fusion // Sensor Fusion and its Applications. In TechOpen, – 2010. – P. 66 – 90.

5. Benavides M. Parameter identification of the Droop model using optimal experimental design / M. Benavides, D. Telen, J. Lauwers, F. Logist, J. Van Impe, A. Vande Wouwer // IFAC – PapersOnLine. – 2015. – №1(48). – P.586 – 591.

6. Измайлов А.Ф. Численные методы оптимизации / А.Ф. Измайлов, М.В. Солодов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 320 с.

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

А.Н. Швецов, С.В. Дианов, Д.С. Дианов
Вологодский государственный университет

Аннотация. В статье описана разработка агент-ориентированной модели лесной экосистемы, предназначенной для прогнозирования динамики роста объёма древесной массы. Отличительной особенностью представленной модели является использование аппарата нечёткого вывода для реализации поведения агентов.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, экологическая система, нечёткий вывод.

DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE OF THE AGENT-ORIENTED MODEL OF FOREST ECOSYSTEM

A.N. Shvetsov, S.V. Dianov, D.S. Dianov
Vologda State University

Аннотация. The paper proposes the development of an agent-based model of a forest ecosystem with the aim of predicting the growth dynamics of wood pulp. To describe the logic of the behavior of agents, it is proposed to use a fuzzy inference apparatus. A practical implementation of the model is presented.

Keywords: agent-based modeling, environmental system, fuzzy inference.

При планировании развития лесопромышленного комплекса, необходимо правильно прогнозировать эффективность тех или иных стратегий. Ключевым ресурсом для данной отрасли является прирост полезной древесной массы. На его объёмы влияют множество различных природных и климатических факторов. Оценка влияния этих факторов в ходе исследований реальной экосистемы представляется затруднительной (большие материальные затраты, значительная продолжительность времени эксперимента, сложность контроля эксперимента и пр.). Решением проблемы может стать создание модели

экосистемы, в которой будут учтены все значимые для исследуемого параметра компоненты.

В работе предлагается использовать агент-ориентированный подход для построения модели лесной экосистемы. Принцип этого подхода заключается в сочетании выполнения множества слабосвязанных самостоятельных алгоритмов. Каждый алгоритм является представлением функционирования агента. Под агентом, в свою очередь, подразумевается определённый компонент модели, соответствующий следующим критериям:

- Агент автономен (логика его поведения не контролируется извне другими агентами).
- Агент имеет ограниченное представление об окружающей его среде.
- Система, состоящая из агентов, является децентрализованной (не существует такого агента, который управлял бы всей системой).

Таким образом, результаты работы модели формируются из совокупности взаимодействия агентов друг с другом и с окружающей средой.

Так как агенты независимы друг от друга, модель может быть расширена сколь угодно много, что позволяет вносить различное число элементов и всевозможные их комбинации, не внося изменений в архитектуру модели.

Также стоит учесть, что каждый агент является элементом, моделирующим тот или иной простой аспект сложной системы. Благодаря этому, разработка общей модели превращается в разработку множества более простых независимых модулей, что снижает вероятность возникновения различного рода ошибок на этом этапе.

Перед началом разработки следует обозначить основные требования к будущей модели [1]:

- Модель состоит из элементов, имеющих различные наборы свойств с заданными начальными значениями.
- Между элементами модели организованы связи, в соответствии с взаимодействиями компонентов системы.
- Модель обеспечивает изменение определённых свойств элементов, под влиянием связанных элементов, внешних регулирующих воздействий, либо изменения коррелирующих параметров, в ходе процесса моделирования.
- Существует возможность контроля периода моделирования.

Согласно агент-ориентированному подходу, элементы модели представляются в виде отдельных агентов, каждый из которых характеризуется собственной моделью поведения. Взаимовлияние агентов определяется их способностью менять системные параметры. Создаваемая модель будет иметь дискретный характер – изменение состояния системы будет происходить в определённые промежутки времени.

Поведение агента формируется в соответствии с функциональными зависимостями, существующими между параметрами системы[2].

Вследствие того, что число параметров в функциональных зависимостях может быть достаточно велико, а их взаимное влияние слабо поддаётся формализации, описание моделей поведения агентов представляется

нетривиальной задачей. Для её решения предлагается использовать аппарат нечёткого вывода.

При разработке архитектуры модели следует стремиться достичь максимального подобия реальной системе, с учётом ограничений, вносимых доступными вычислительными ресурсами. Для решения этой проблемы, предлагается упростить модель, исключив из неё те элементы реальной системы, влияние которых на прирост древесной массы можно считать незначительным. Также необходимо заменять популяции агентов на одиночных агентов там, где внутривидовые взаимодействия слабы, либо их результирующая функция легко вычислима.

На начальном этапе было решено создать упрощенную модель, с целью концентрации внимания на апробации и коррекции выбранных для реализации подходов. В архитектуре упрощенной модели были введены три типа агентов: агент почвы, агент микроклимата и агент сосны.

Для реализации моделей поведения агентов, использован алгоритм нечёткого вывода Мамдани. Классическая схема алгоритма нечёткого вывода представлена на рисунке 1.

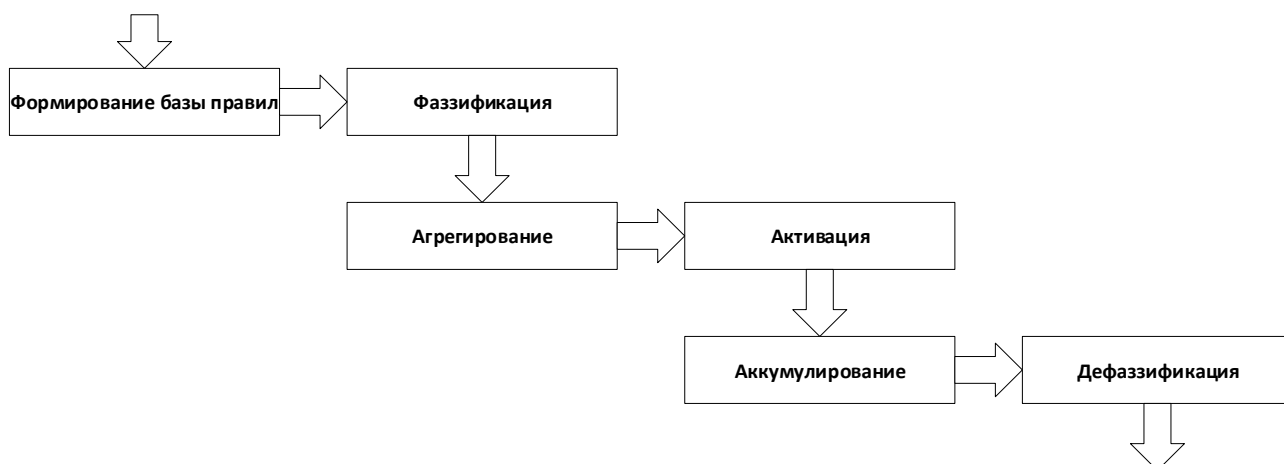


Рис. 1. Схема алгоритма нечёткого вывода

Для программной реализации модели была выбрана среда моделирования AnyLogic, в которой реализована возможность создавать агент-ориентированные модели. Единицей модельного времени выбран год. В модели использованы усредненные за год значения параметров, имеющих сезонные колебания.

Внешняя среда модели определена агентом main. Параметрами внешней среды являются:

- Освещённость – выражаемая в люксах величина, в нашем случае характеризует освещённость земной поверхности, не занятой растительностью.
- Площадь – величина, выражающая площадь, свободную для произрастания растений, этот параметр вносит ограничение на максимальное количество древостоя на моделируемом участке леса.
- Количество выпадающих осадков (мм).

В соответствии с предложенным подходом в модели определены три агента: агент микроклимата (micro), агент почвы (grnd) и агент сосны (pines).

На рисунке 2 показана общая структура модели в среде AnyLogic.

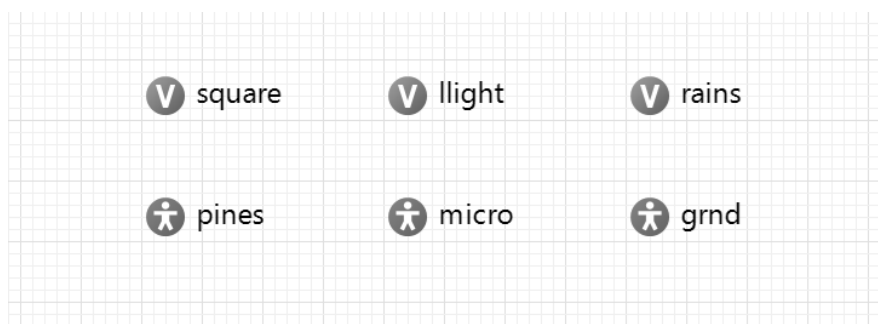


Рис. 2. Общая структура модели

Каждый агент, в свою очередь, обладает набором собственных свойств, характеризующих его текущее состояние.

При реализации модели поведения агента в данной работе, были допущены отклонения от стандартного вида алгоритма, тем не менее, его суть была сохранена – алгоритм принимает на вход и выдаёт на выходе числовые значения различных показателей, при этом, обработка входных данных ведётся при помощи аппарата нечёткой логики.

Реализации нечёткого вывода у агентов модели в основном одинакова, имеются лишь во входных и выходных параметрах, базах правил и в функциях принадлежности.

Любой нечёткий вывод начинается с формирования базы правил, на основе входных и выходных параметров. Для агента сосны это следующий набор правил:

- ЕСЛИ площадь большая И влажность средняя И кислотность нормальная, ТО прирост большой;
- ЕСЛИ площадь малая И влажность большая И кислотность кислая, ТО прирост малый;
- ЕСЛИ площадь малая И влажность большая И кислотность щелочная, ТО прирост малый;
- ЕСЛИ площадь малая И влажность малая И кислотность кислая, ТО прирост малый;
- ЕСЛИ площадь малая И влажность малая И кислотность щелочная, ТО прирост малый;
- ЕСЛИ средний возраст старый, ТО отмирание.

Далее идёт процесс фаззификации. В AnyLogic для реализации механизма фаззификации и хранения функции принадлежности, можно использовать табличные функции. В них вручную устанавливаются ключевые точки и выбираются различные режимы интерполяции, с целью более тонкой настройки нечёткого вывода.

В модели созданы функции принадлежности для всех нечётких переменных, фигурирующих в базах правил.

На этапе агрегирования определяется степень истинности условий, по каждому правилу системы нечёткого вывода. Так как в базе правил агента используется только операция конъюнкции, то агрегирование производится операцией нахождения минимума из нечётких переменных каждого высказывания. В этих целях была создана функция `sub_aggreg3`, которая возвращает минимальное значение из значений трёх параметров, поданных на её вход.

Агрегацию утверждений про высокий и низкий прирост популяции осуществляют функциями `aggreg_high_increase` и `aggreg_low_increase`, которые возвращают список значений истинности по всем высказываниям.

На этапе активизации находятся степени истинности всех правил. В данной реализации, на выходе активизирующих табличных функций получаются одноточечные функции принадлежности – функции, характеризующие лишь одно значение лингвистической переменной.

Заключительный этап – дефаззификация производится по следующей формуле:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)},$$

где n – число одноточечных функций.

Этап дефаззификации реализован в функции `defuzinc`.

Полный цикл нечеткого вывода реализован в функции `doing`, которая определена для каждого агента. Она вызывается на каждом шаге выполнения модели и обеспечивает механизм воздействия агента на среду.

При вызове функции `doing`: выполняется расчёт прироста популяции сосны, вычитается из свободной площади произведение прироста на среднюю площадь, занимаемую одним деревом (`squareForOne`); вычитается из популяции, вычисленное через алгоритм нечёткого вывода, значение отмерших деревьев; прибавляется к свободной площади площадь, освобождённая отмершими деревьями; вычисляется средний возраст деревьев.

На рисунке 4 представлен вид созданного агента в интерфейсе разработки AnyLogic.

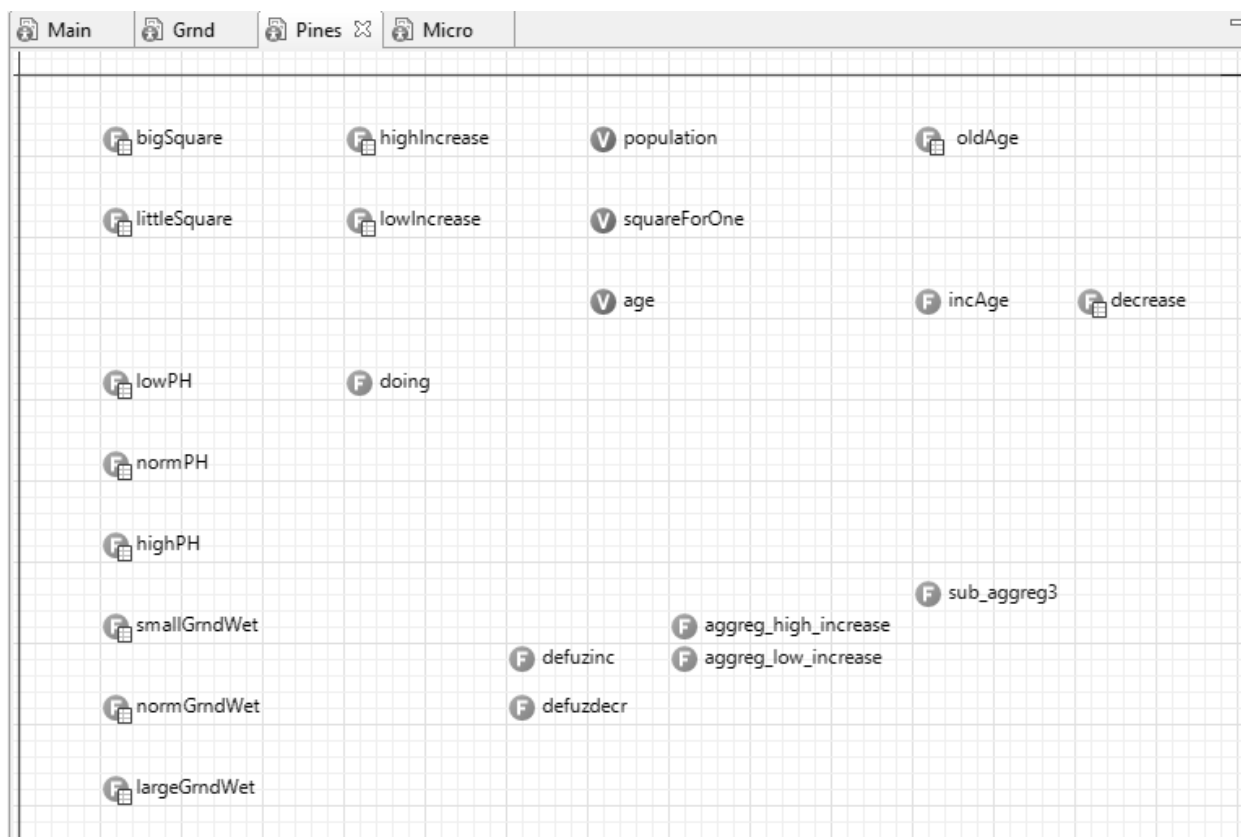


Рис. 4. Вид агента сосны в интерфейсе разработки AnyLogic

Для проведения тестов, в основном агенте был добавлен элемент «Бегунок», с помощью которого можно манипулировать значением выпадающих осадков.

Проведенные с помощью модели эксперименты показывают, что хотя прирост популяции деревьев и не зависит напрямую от выпадающих осадков, при уменьшении или увеличении количества осадков, по сравнению с нормой, скорость прироста деревьев заметно снижается и сводится на нет в случае, когда количество выпадающих осадков равняется нулю.

Это объясняется тем, что количество выпадающих осадков оказывает влияние на влажность почвы, от чего прирост популяции уже зависит напрямую. Из этого можно сделать вывод, что агенты действительно взаимодействуют друг с другом независимо, оказывая влияние лишь на параметры и интерпретируя их значение.

Изображение проведённого эксперимента представлено на рисунке 5.

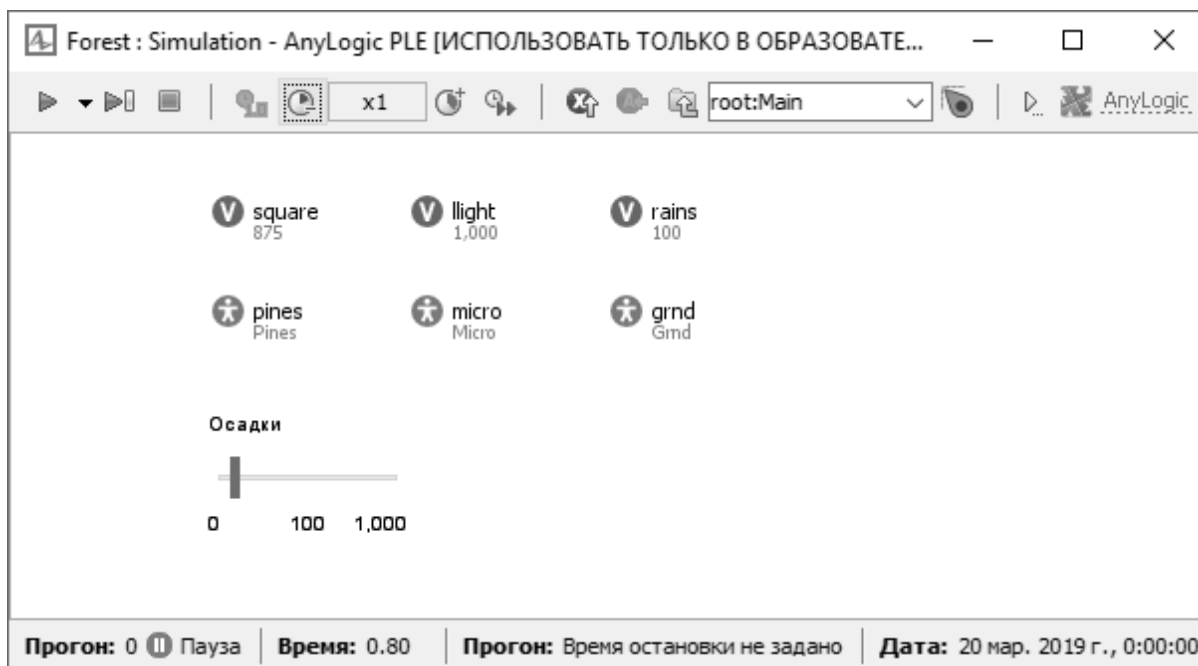


Рис. 5. Вид окна эксперимента

В результате проделанной работы, в среде AnyLogic была реализована агент-ориентированная модель лесного экосистемы. Данная модель позволяет получить представление о динамике развития элементов экосистемы, а также оценить степени влияния различных параметров на характеристики системы.

Дальнейшее развитие модели предполагает введение в нее новых агентов и настройку функции принадлежности механизма нечеткого вывода в моделях поведения агентов.

Работа поддержана грантами РФФИ № 18-47-350001 р-а и №17-06-00514 А

Список литературы

1. Дианов, С.В. Архитектура модели перспективного анализа и планирования развития регионального лесного комплекса / С.В. Дианов // Проблемы развития территорий. – 2017. - №5 (91). – С. 148-163.
2. Дианов, С.В. Модель биотопа как элемент агент-ориентированной модели регионального лесного комплекса // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2017): материалы девятой международной научно-технической конференции. Вологда : ВоГУ, 2017. С. 50-53.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУСПЕНЗИИ НА ПРОЦЕСС РАЗДЕЛЕНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ГИДРОЦИКЛОНЕ

В.О. Яблонский

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Выполнено численное моделирование поля концентраций частиц твердой фазы при разделении нелинейновязкопластической суспензии, обладающей

предельным напряжением сдвига, в цилиндрическом гидроциклоне. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии решено совместно с уравнением движения частицы твердой фазы численным методом. Установлено влияние пластических свойств суспензии на показатели разделения.

Ключевые слова: *нелинейновязкопластическая жидкость, пластические свойства, псевдопластическая жидкость, разделение, цилиндрический гидроциклон, фактор разделения, степень извлечения, предельное напряжение сдвига, число пластичности.*

MODELLING OF INFLUENCE OF SUSPENSION PLASTIC PROPERTIES ON SEPARATION IN CYLINDRICAL HYDROCYCLONE

V.O. Yablonskii

Volgograd State Technical University

Abstract. The numerical modelling of hard phase particles concentration field in the process of separation of nonlinear viscoplastic suspension in cylindrical hydrocyclone is carried out. Differential equation of convective diffusion is solved together with hard phase particle motion equation by numerical method. The influence of plastic properties of suspension on separation index is defined.

Keywords: *nonlinear viscoplastic fluid, pseudoplastic fluid, plastic properties, separation, cylindrical hydrocyclone, separation factor, clearing factor, bound shear stress, number of plasticity.*

Цилиндрический гидроциклон – широко применяемый в химической и других отраслях промышленности аппарат для разделения неоднородных жидких систем. Простота устройства, надежность работы, возможность экономить производственные площади наряду с высокой эффективностью процессов разделения позволяют использовать гидроциклон для очистки реологически сложных жидкостей, обладающих высокой эффективной вязкостью.

Особый интерес представляет очистка вязкопластичных жидкостей, обладающих предельным напряжением сдвига и нелинейностью реологических свойств, к которым относятся буровые растворы.

В работах [1, 2] в предположении применимости законов Стокса и Тодеса к осаждению дисперсной фазы в поле центробежных сил в гидроциклоне выявлена зависимость коэффициента осветления жидкости от режимных параметров процесса сепарирования. Разработанные методы расчета показателей разделительного процесса в гидроциклоне [3-8] базируются на решении задач турбулентного переноса твердой фазы. В их основу положено уравнение радиального движения частиц в осесимметричном турбулентном потоке ньютоновской жидкости. В [3] моделирование движения частиц твердой фазы в гидроциклоне выполнялось на основе уравнений винтового движения сплошной среды, что ввиду сложной гидродинамики течения разделяемой среды в цилиндрическом гидроциклоне приводит к существенным погрешностям. В работах [4,5] рассмотрены принципы расчета турбулентного

переноса частиц в гидроциклоне, основанного на использовании уравнения неразрывности потока твердой фазы. Подобный подход позволяет рассчитать как количество извлекаемой в гидроциклоне твердой фазы, так и ее характеристики (концентрацию, дисперсный состав) в любой точке аппарата. В работе [6] на основе уравнений Навье-Стокса проведено численное исследование структуры течения и сепарационных процессов в гидроциклоне. Для описания переноса количества движения дисперсной фазы используется теория многоскоростного континуума. В настоящее время получено решение уравнения радиального движения частиц в различных конструкциях гидроциклонов с учетом действия на частицу силы инерции и ускорения Кориолиса [7, 8], что позволяет осуществить расчет распределения частиц дисперсной фазы различной степени крупности и определить их содержание в целевых продуктах разделения.

В работе [9] сделано заключение, что к многофазным гетерогенным системам применимо реологическое уравнение состояния неньютоновской жидкости, которое обычно записывают в виде закона Гершеля - Балкли.

В [10, 11] разработана математическая модель течения пленки нелинейновязкопластической жидкости в цилиндрическом гидроциклоне, основанная на решении полных уравнений реодинамики, и проведено численное исследование течения. Описание разделительных процессов в гидроциклоне со свободно образующейся поверхностью нелинейновязкопластической жидкой фазы на основе решения полных уравнений реодинамики до сих пор не проведено и представляет значительный теоретический и прикладной интерес.

Гидроциклон состоит из цилиндрического корпуса? Имеющего радиус r_k , в который тангенциально подается разделяемая суспензия через входной патрубок, установленный в его верхней части. Поступившая в гидроциклон суспензия стекает, вращаясь, по его стенкам вниз, обладая радиальной V_r , окружной V_ϕ и осевой V_z составляющими скорости, образуя вращающуюся пленку со свободной поверхностью. Частицы твердой фазы под действием центробежной

силы отбрасываются к стенке корпуса аппарата. Сгущенная фаза удаляется через разгрузочное устройство нижнего слива. Осветленная суспензия удаляется также через нижний слив.

Эффективность разделения суспензии в гидроциклоне определяется гидродинамическими параметрами предварительно закрученной пленки суспензии, стекающей по стенкам корпуса под действием силы тяжести и давления, создаваемого центробежными силами.

Математическая постановка задачи производится при следующих допущениях: частицы извлекаемого вещества распределены равномерно во входном патрубке гидроциклона, их концентрация при входе в гидроциклон равна C_0 ; режим течения суспензии ламинарный [12]; режим осаждения частиц твердой фазы ламинарный ввиду высокой эффективной вязкости неньютоновской дисперсионной среды.

Полагаем, что свойства нелинейновязкопластической жидкости описываются законом Гершеля – Балкли

$$\tau_{ij} = \left(\frac{\tau_0}{A} + kA^{n-1} \right) \gamma_{ij}, \quad (1)$$

$$A = \sqrt{2 \left(\frac{\partial V_r}{\partial r} \right)^2 + 2 \left(\frac{V_r}{r} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial V_z}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_\varphi}{\partial r} - \frac{V_\varphi}{r} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_\varphi}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{\partial V_r}{\partial z} \right)^2},$$

где τ_{ij} – компоненты тензора напряжений, Па, τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па, γ_{ij} – компоненты тензора скоростей деформаций, c^{-1} , A – интенсивность скоростей деформаций, c^{-1} , n – показатель нелинейности кривой течения, k – индекс консистентности, Па· c^n , r, φ, z – радиальная, окружная и осевая координаты соответственно.

Для математического моделирования поля концентраций при течении суспензии с неньютоновской дисперсионной средой в цилиндрическом гидроциклоне используем дифференциальное уравнение конвективной диффузии в цилиндрических координатах, которое при равенстве нулю коэффициента молекулярной диффузии может быть записано следующим образом

$$\operatorname{div} (\bar{V}_h c) = 0, \quad (2)$$

где c – концентрация частиц твердой фазы, кг/м³; \bar{V}_h – вектор скорости частиц твердой фазы.

Уравнение (2) может быть преобразовано к виду

$$\bar{V}_h \operatorname{grad} c + c \operatorname{div} \bar{V}_h = 0. \quad (3)$$

Поскольку скорость частиц твердой фазы отлична от скорости неразрывного потока дисперсионной среды, и уравнение (3) принимает следующий вид

$$\operatorname{div} \bar{V}_h = \frac{1}{r} \frac{\partial [r(V_{rh} - V_{rl})]}{\partial r},$$

$$V_{rh} \frac{\partial c}{\partial r} + V_{zh} \frac{\partial c}{\partial z} = -c \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial [r(V_{rh} - V_{rl})]}{\partial r} \right\}, \quad (4)$$

где $V_{rh}(r, z)$ и $V_{zh}(r, z)$ – радиальная и осевая составляющие скорости частиц твердой фазы, м/с; $V_{rl}(r, z)$ – радиальная составляющая скорости дисперсионной среды, м/с; r, z – радиальная и осевая координаты, м; индексы: h – частица твердой фазы, l – дисперсионная среда.

Данное уравнение решается совместно с уравнением движения частицы твердой фазы.

Полагаем, что твердая фаза разделяемой суспензии является монодисперсной, что при проведении моделирования процесса разделения для наиболее мелкой фракции позволит добиться заданной степени сгущения частиц твердой фазы. Силой инерции, действующей на частицу твердой фазы в осевом направлении, силой тяжести и выталкивающей силой Архимеда пренебрегаем, полагая, что осевая составляющая скорости частицы твердой фазы V_{zh} равна осевой составляющей скорости дисперсионной среды V_{zl} . Это допущение хорошо реализуется на практике ввиду того, что разделение в гидроциклонах суспензий с нелинейновязкопластической дисперсионной средой, обладающей высокой эффективной вязкостью, протекает при больших значениях числа Fr (фактора разделения).

Принимая во внимание, что разделение суспензий с неньютоновской дисперсионной средой в гидроциклонах протекает в условиях, когда число Рейнольдса, характеризующее режим осаждения частицы твердой фазы, невелико, силой Магнуса можно пренебречь. При условии действия на частицу твердой фазы центробежной силы Архимеда, силы сопротивления и Кориолисовой силы уравнение движения частицы твердой фазы в проекциях на оси r, φ имеет вид

$$\begin{aligned} V_{rh} \frac{\partial V_{rh}}{\partial r} + V_{zh} \frac{\partial V_{rh}}{\partial z} &= \frac{V_{\varphi h}^2}{r} \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_h} \right) - \frac{3 K_{fr} \rho_l (V_{rh} - V_{rl}) |V_{rh} - V_{rl}|}{4 \rho_h d_h \Phi(B)}, \\ V_{rh} \frac{\partial V_{\varphi h}}{\partial r} + V_{zh} \frac{\partial V_{\varphi h}}{\partial z} &= \frac{V_{\varphi h} V_{rh}}{r} - \frac{3 K_{f\varphi} \rho_l (V_{\varphi h} - V_{\varphi l}) |V_{\varphi h} - V_{\varphi l}|}{4 \rho_h d_h \Phi(B)}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $K_{fr}, K_{f\varphi}$ – коэффициенты сопротивления движению частицы в радиальном и окружном направлениях; $V_{\varphi h}(r, z)$ – окружная составляющая скорости частиц твердой фазы, м/с; d_h – диаметр частиц твердой фазы, м; ρ_h, ρ_l – плотности частиц твердой фазы и дисперсионной среды, кг/м³; φ – окружная координата, град.

Коэффициент сопротивления при радиальном движении частицы в неньютоновской жидкости K_{fr} может быть вычислен с помощью эмпирической формулы [13]

$$K_{fr} = \frac{24f_1(n)}{Re_{nr}} + \frac{f_2(n)}{(Re_{nr})^{f_3(n)}}, \quad (5)$$

где

$$f_1(n) = 3^{1,5(n-1)} \frac{2 + 29n - 22n^2}{n(n+2)(2n+1)},$$

$$f_2(n) = 10,5n - 3,5, \quad f_3(n) = 0,32n + 0,13,$$

$$Re_{nr} = \frac{\rho_l (d_h)^n (V_{rh} - V_{rl})^{2-n}}{k} \text{ – локальное число Рейнольдса, характеризующее}$$

режим осаждения частиц твердой фазы.

Коэффициент сопротивления при окружном движении частицы $K_{f\phi}$ вычисляется по аналогичным зависимостям, но в качестве характерной разности скоростей берется соответствующая разность скоростей частицы и жидкости в окружном направлении.

Коэффициент $\Phi(B)$, учитывающий стесненность осаждения частиц, вычисляется по зависимости, предложенной В.И. Соколовым [14]

$$\Phi(B) = 10^{-1,82(1-B)}, \quad (7)$$

где $B = 1 - \frac{c_0}{\rho_h}$ – часть единичного объема суспензии, занятая дисперсионной средой; c_0 – концентрация частиц твердой фазы во входном патрубке гидроциклона, кг/м³.

В соответствии с методом характеристик [15] система дифференциальных уравнений в частных производных (3,4) сводится к эквивалентной системе обыкновенных дифференциальных уравнений, которая решалась по методу Рунге-Кутты четвертого порядка с фиксированным шагом.

Течение нелинейновязкопластической жидкости в гидроциклоне характеризуется [10] числом пластичности Pl , центробежным числом Фруда Fr (фактором разделения), модифицированным числом Рейнольдса Re_n , параметром безразмерного расхода Q , а также показателем нелинейности кривой течения n . Осаждение частицы в поле центробежных сил в неньютоновской дисперсионной среде характеризуется локальным числом Re_{nr} , изменяющимся вдоль траектории частицы.

На основании результатов моделирования полей, составляющих скорости и давления при течении нелинейновязкопластической жидкости в цилиндрическом гидроциклоне и последующей аппроксимации результатов, было выполнено моделирование разделения суспензий, обладающих нелинейновязкопластическими свойствами, в гидроциклоне, которое заключалось в численном решении полученной системы дифференциальных уравнений при граничном условии, задающем концентрацию частиц твердой фазы на входе в гидроциклон, для различных значений определяющих чисел подобия и реологических свойств дисперсионной среды при изменении их в широком диапазоне.

Результаты численного моделирования приведены на рис. 1, 2.

На рис. 1 приведены зависимости степени сгущения S частиц твердой фазы в цилиндрическом гидроциклоне от осевой координаты Z при различных значениях числа Fr для значений $Pl=5.097 \cdot 10^{-4}$, $Re_n = 4 \cdot 10^3$, $Q_0 = 1.928 \cdot 10^{-2}$, $n=0.6$, $k=1.65$. Из представленных зависимостей следует, что степень сгущения частиц твердой фазы возрастает с увеличением осевой координаты Z , что обусловлено выходом частиц твердой фазы на стенку корпуса гидроциклона. Со снижением числа Fr степень сгущения частиц твердой фазы увеличивается. Это объясняется уменьшением толщины пленки жидкости.

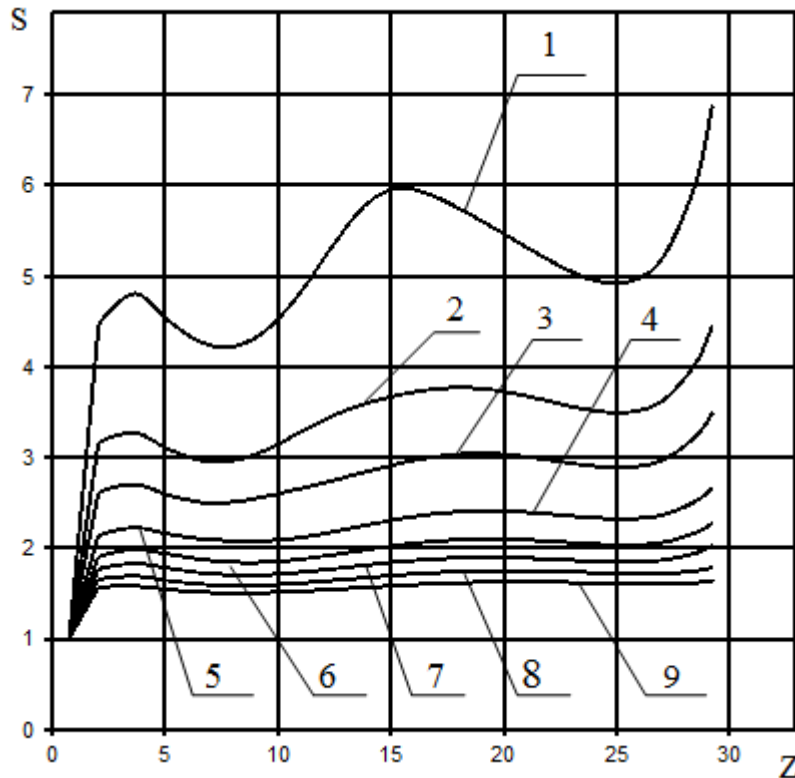


Рис. 1. Зависимости степени сгущения S частиц твердой фазы в цилиндрическом гидроциклоне от безразмерной осевой координаты $Z=z/r_k$ при различных значениях числа Fr для значений $Pl=5.097 \cdot 10^{-4}$, $Re_n=4 \cdot 10^3$, $Q_0=1.928 \cdot 10^{-2}$, $n=0.6$, $k=1.65 \text{ Па} \cdot \text{с}^n$; 1 – $Fr=30$, 2 – $Fr=40$, 3 – $Fr=50$, 4 – $Fr=70$, 5 – $Fr=90$, 6 – $Fr=110$, 7 – $Fr=130$, 8 – $Fr=150$.

На рис. 2 приведены те же зависимости, что на рис. 1 для значений $Pl=8.495 \cdot 10^{-3}$ для тех же значений определяющих параметров. Из представленных зависимостей следует, что степень сгущения частиц твердой фазы возрастает с увеличением числа пластичности Pl (что соответствует повышению предельного напряжения сдвига τ_0), особенно при высоких значениях числа Fr . Это является следствием возрастания аномалии неньютоновских свойств разделяемой среды и повышением наполненности радиального распределения окружной составляющей скорости с ростом числа Pl .

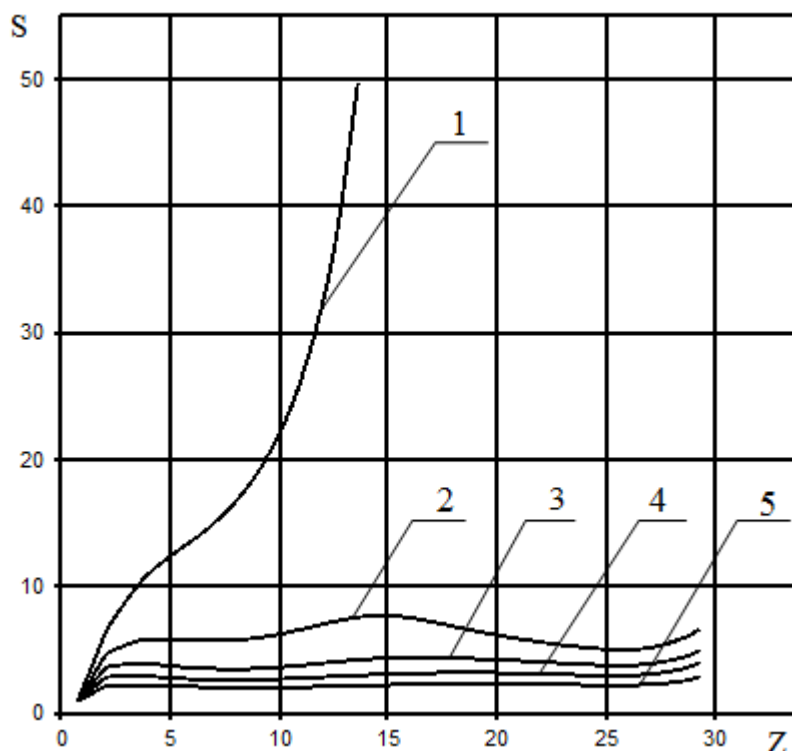


Рис. 2. Зависимости степени сгущения S частиц твердой фазы в цилиндрическом гидроциклоне от безразмерной осевой координаты $Z = z/r_k$ при различных значениях числа Fr для значений $Pl=8.495 \cdot 10^{-3}$, $Re_n = 4 \cdot 10^3$, $Q_0 = 1.928 \cdot 10^{-2}$, $n=0.6$, $k=1.65 \text{ Па} \cdot \text{с}^n$; 1 – $Fr = 30$, 2 – $Fr = 40$, 3 – $Fr = 50$, 4 – $Fr = 70$, 5 – 150.

Таким образом, с использованием разработанной математической модели разделения суспензий с нелинейновязкопластической дисперсионной средой в цилиндрическом гидроциклоне установлено влияние числа Фруда и пластических свойств разделяемой среды на процесс разделения. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методики инженерного расчета гидроциклонов для разделения суспензий, характеризующихся нелинейновязкопластическими свойствами.

Список литературы

1. Голованчиков А.Б., Новиков А.Е., Ламскова М.И. и др. Моделирование процессов разделения неоднородных жидкостных систем в гидроциклонах с учетом критериев подобия // Химич. и нефтегаз. машиностроение. 2018. № 2. С. 34 - 38.
2. Семенов Е.В., Славянский А.А., Карамзин А.В. Расчет процесса разделения суспензии в гидроциклоне // Химич. и нефтегаз. машиностроение. 2017. № 9. С. 3 - 7.
3. Найденко В.В. Применение математических методов и ЭВМ для оптимизации и управления процессами разделения суспензий в гидроциклонах. Горький. Волго-вятское кн. изд-во, 1976, 287 с.

4. Кудрявцев Н.А., Михотов В.В. турбулентный перенос полидисперсной твердой фазы при разделении разбавленных суспензий в гидроциклоне // Теор. основы хим. технологии. 1989. Т. 23. № 1. С. 120 - 121.
5. Косой Г.М., Сапешко В.В. Массоперенос твердой фазы закрученным турбулентным потоком и расчет фракционного извлечения узких классов крупности в гидроциклоне // Теорет. основы хим. технологии. 1983. Т. 17. № 5. С. 637 - 641.
6. Дик И.Г., Матвиенко О.В., Неессе Т. Моделирование гидродинамики и сепарации в гидроциклоне // Теорет. основы хим. технологии. 2000. Т.34. № 5. С. 478 - 488.
7. Баранов Д.А., Кутепов А.М., Лагуткин М.Г. Расчет сепарационных процессов в гидроциклонах // Теорет. основы хим. технологии. 1996. Т. 30. № 2. С. 117 - 122.
8. Лагуткин М.Г., Баранов Д.А., Булычев С.Ю., Баранова Е.Ю. Расчет разделяющей способности цилиндрикоконического гидроциклона на основе детерминированного подхода // Химич. и нефтегаз. машиностроение. 2004. № 5. С. 3 - 6.
9. Вайнштейн И.А. Об уравнениях кинетики разделения суспензий // Инж.-физ. журн. 1983. Т. 45. № 4. С. 602 - 608.
10. Яблонский, В.О. Гидродинамика нелинейновязкопластической жидкости в цилиндрическом гидроциклоне / В.О. Яблонский // Журнал прикладной химии. - 2013. - Т. 86, вып. 8. - С. 1236 - 1243.
11. Яблонский, В.О. Гидродинамика нелинейновязкопластической жидкости в цилиндрическом гидроциклоне / В.О. Яблонский // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2015. - № 8. - С. 6 - 10.
12. Dyakowski T., Hornung G. Simulation of non – newtonian flow in a hydrocyclone // Chem. Eng. Res. and Des. A. 1994. V. 72. No. 4. P. 513 - 520.
13. Acharya A., Mashelkar R.A., Ulbrecht J. Flow of inelastic and viscoelastic fluids past a sphere // Rheol. Acta. 1976. V. 15. No. 9. P. 454 - 463.
14. Соколов В.И. Центрифугирование. М.: «Химия», 1976. 408 с.
15. Матвеев Н.М. Дифференциальные уравнения. Минск. «Вышэйш. школа». 1976, 366с.

СЕКЦИЯ 2. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Председатель секции: кандидат технических наук, заведующий
кафедрой «Техника и технологии машиностроения и пищевых
производств» Гриценко Вячеслав Владимирович

УДК 674.02

ТЕХНОЛОГИЯ БРАШИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

М.В. Алексеев, И.П. Демитрова

Поволжский Государственный технологический университет

Аннотация. В статье рассмотрены диссертации ученых, которые занимались вопросами искусственного старения древесины. Так же были проведены эксперименты по брашированию древесины разных пород двумя методами обработки поверхности образцов (с помощью пескоструя «ЭЛЖИ» и с помощью ручного шлифовального инструмента), была проведена статистическая обработка результатов эксперимента.

Ключевые слова: *браширование древесины.*

BRUSHED WOOD TECHNOLOGY

M.V. Alekseev, I.P. Demitrova

Volga State University of Technology

Abstract. the article describes the thesis of the scientists that were involved in the artificial aging of wood. The same experiments were carried out by brushing the wood of different breeds two methods of processing a sample surface (by sandblasting "ELJI" and using the hand grinding tool), was carried out statistical processing of the results of the experiment.

Keywords: *brushed wood.*

С постоянным развитием технологий искусственного старения древесины (браширования, которая придает фактуре объемность, рельефность) намного возросли возможности декорирования и повышения художественной выразительности изделий из древесины. Брашированная древесина все больше используется при обустройстве интерьеров в стилях: кантри, лофт, шале, фьюжн, эко-стиль или как фактурный контрастный акцент или основной материал.

Восприятие и декоративность фактуры определяется комплексом факторов: цветовая гамма материала (фактура более отчетливо и однозначно определяется, и воспринимается на светлой поверхности); размер (площадь) лицевой поверхности; расстояние, с которого она рассматривается; углы зрения в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Совокупность эстетических характеристик материала (цвет, текстура, фактура) воспринимаются комплексно, оказывая влияние друг на друга. Например, определенные виды фактуры могут заметно менять цветовые параметры, насыщенность, чистоту и светлоту. Рельеф, подчеркивающий естественную текстуру материала, создает игру света и тени на поверхности изделия, усиливая контраст цвета между ранней и поздней зонами годичного слоя. Получение подобной фактуры в

естественных условиях путем выветривания, вымывания и истирания ранней зоны годичного слоя происходит в течение значительного периода времени.

Наиболее перспективным, легко поддающимся механизации и автоматизации, способом формирования такой фактуры является струйно-абразивная обработка поверхности. Суть такой обработки заключается в том, что на обрабатываемую поверхность изделия в потоке сжатого воздуха подается абразивный материал, который, обладая заданной кинетической энергией, при соударении с поверхностью, изменяет ее фактуру. Во второй части эксперимента брашированная поверхность была получена методом выборки мягких волокон древесины при помощи шлифовального инструмента.

Глубина обработки древесины определяет желаемый эффект фактуры: от легкого старения, когда на поверхности появляется чуть заметная шероховатость, до грубого, глубокого старения, при котором глубина неровностей составляет 2-3 мм. Эффекту состаривания поверхности превосходно поддается древесина сосны, дуба, ясеня, кедра, ореха, лиственницы и некоторых экзотических пород. Не рекомендуется для браширования использовать древесину с невыраженной текстурой: бук, клен, груша и вишня.

При обработке образцов, показатели высоты максимальных неровностей $Rz(max)$, и средних неровностей вдоль Rz и поперек Ra волокон зависят от различных факторов: породы древесины, ее влажности и вида разреза, длины траектории движения частицы, давления струи, времени обработки, вида и дисперсности абразивного материала и т.д. Экспериментальные исследования по зависимости высоты рельефа и шероховатости поверхности от рабочего давления струи воздуха и размера абразивного материала проведены при постоянных факторах:

- порода древесины – сосна, ель, береза, дуб;
- разрез древесины – тангенциальный;
- влажность древесины – менее 10 %;

Среднеарифметическое высот отдельных наибольших неровностей $Rz(max)$ определяется при перемещении индикаторного глубиномера поперек волокон. То есть, параметр $Rz(max)$ определяет снимаемую величину ранней зоны годичного слоя. Параметры Rz и Ra измеряют профилометром "Surftest SJ-201" при его перемещении вдоль волокон.

В древесине, имитирующей состаренную, фактура приобретает рельефность, соответствующую внутреннему строению древесины, что расширяет возможности декорирования изделий и совершенствование их дизайна. На рисунке 1 приведены результаты экспериментов в виде гистограммы.

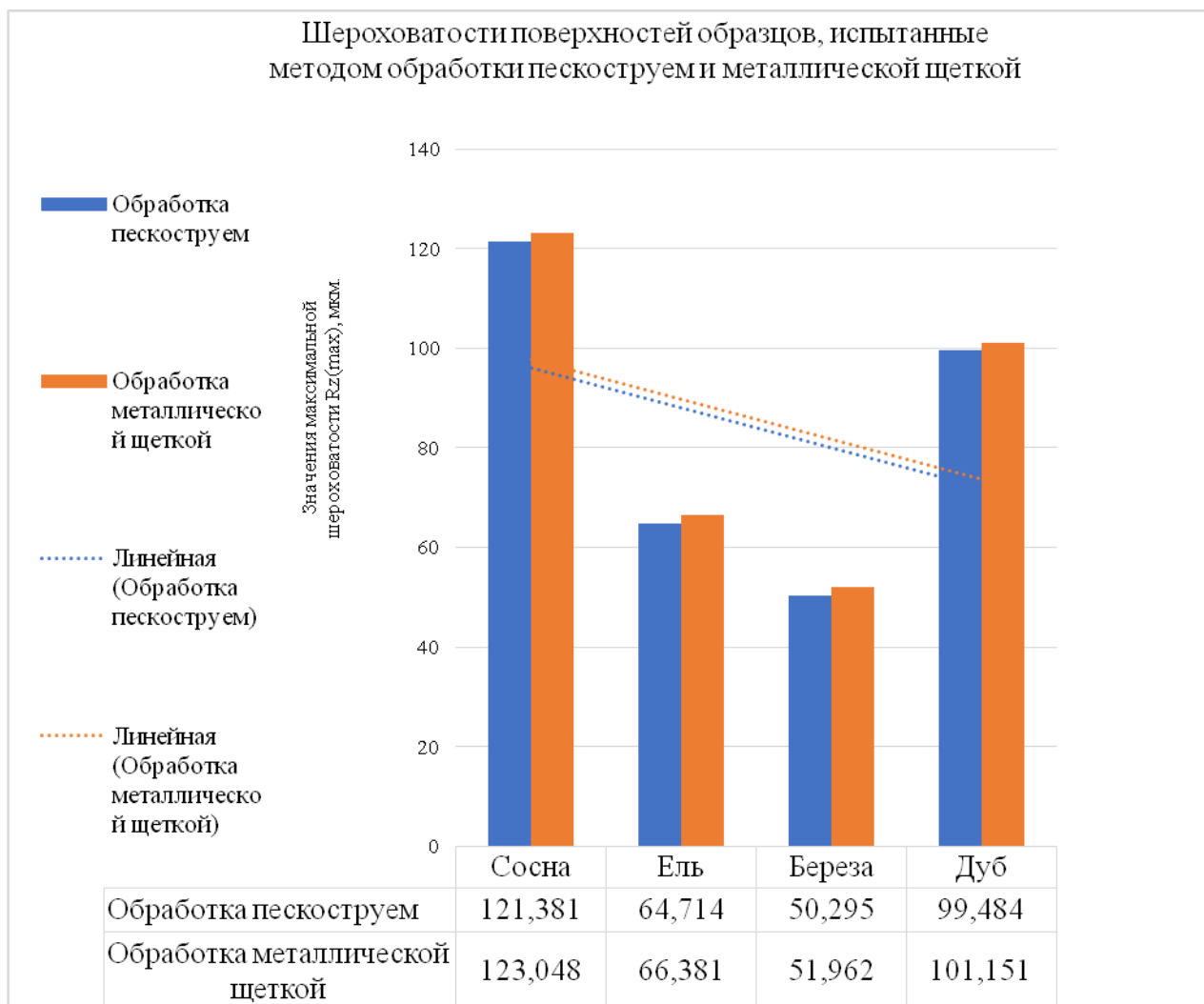


Рисунок – 1 Шероховатость поверхности древесины, полученная пескоструйной обработкой и шлифованием металлической щеткой.

Для изготовления изделий с эффектом браширования рекомендуется использовать древесину с разноплотностной структурой. Из испытываемых образцов это древесина дуба, сосны и ели.

Список литературы

1. Конягина, Т.В. Эстетические свойства фактуры древесины при имитационном старении и последующем окрашивании. Текст.: автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / Т.В. Конягина. Ижевск, 2010. –25 с.

2. Сергеева, В.Н. Взаимовлияние эстетических свойств фактуры изделий из древесины и технических аспектов их обработки. Текст.: автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.Н. Сергеева. Москва, 2008. – 21 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МИКРОПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ

Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, К.В. Родермель

Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация. Описана методика износных испытаний ресурсопределяющих деталей автомобильных двигателей: сопряжения шейки коленчатого вала-вкладыш подшипника скольжения на машине трения СМЦ-2, а также методика количественной оценки износа детали и контртела. Указаны режимы работы машины трения и приведены результаты сравнительных износных испытаний.

Ключевые слова: *плазменные покрытия, износостойкость, образцы, контробразцы, пара трения, машина трения, коленчатый вал.*

STUDY OF WEAR RESISTANCE OF MICROPOROUS COATINGS

N.S. Alekseev, V.A. Kaporin, K.V. Rodermel

Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of the federal government budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunov"

Abstract. The technique of wear tests of resource-determining parts of automobile engines is described: the coupling of the crankshaft journal and the liner of the sliding bearing on the SMC-2 friction machine. A technique for quantifying wear of a part and a counterbody has been developed. The operating modes of the friction machine are indicated and the results of comparative wear tests are given.

Keywords: *plasma coatings, wear resistance, samples, contrasts, friction coupling, friction machine, crankshaft.*

Один из способов повышения надёжности и долговечности машин и оборудования – создание и применение новых конструкционных материалов, обладающих высокой износо-коррозионной стойкостью, усталостной прочностью и др. В ремонтном производстве высокая долговечность связана с восстановлением деталей машин прочными, износостойкими покрытиями, в частности, путём нанесения на их поверхность микропористого слоя на основе углеродистых сталей и железных порошков [1-2]. В ряде случаев такие покрытия изношенных деталей оказываются эффективнее других способов наращивания. Особенно это ощутимо при восстановлении деталей с малыми предельными износами, а также деталей, работающих в условиях граничной смазки, например, шеек коленчатых и распределительных валов автотракторных двигателей.

Наибольшее распространение при восстановлении деталей получили электроконтактная приварка металлических порошков, металлизация распылением и др.

Размерная обработка микропористых покрытий чаще всего выполняется шлифованием с применением серийных шлифовальных кругов и серийных марок смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). При этом используются круги из тех же абразивных материалов, что и для обработки однородных железоуглеродистых сплавов (сталей и чугунов).

Так, например, для перешлифовки на ремонтные размеры шеек коленчатых валов автотракторных двигателей обычно используются круги из электрокорундов: нормального, белого и хромотитанистого.

Однако особенности физико-химических свойств указанных покрытий: высокая пористость, наличие оксидов и шлаков, пониженная теплопроводность и т. д. создают трудности при их абразивной обработке, вызванные интенсивным износом и засаливанием шлифовальных кругов. Для восстановления режущих свойств абразивного инструмента требуются частые остановки для его правки.

Для изыскания наиболее износостойкого абразивного материала и эффективной марки СОЖ были проведены лабораторно-производственные испытания кругов. В результате этих испытаний было установлено [3], что

наибольшей износостойкостью обладают круги из карбида кремния зелёного марки 64С, и в частности, круг с характеристикой 64CF46N6V, а наиболее эффективным составом СОЖ является 3 % -ный водный раствор эмульсола «ЭПМ-1шп» с присадками на основе серы и хлора, защищенный патентом [4].

Выявленные особенности карбидкремниевых кругов при использовании вышеуказанной СОЖ (хорошая самозатачиваемость, высокая стойкость, низкая интенсивность засаливания и др.) делают этот инструмент перспективным для черновой обработки микропористых покрытий при ремонте машин.

Однако износостойкость восстановленных деталей зависит не только от способа восстановления, но и от метода обработки. Наиболее достоверные сведения по износостойкости можно получить в условиях рядовой эксплуатации, но это требует значительных затрат времени и средств. Поэтому обычно используют ускоренный метод предварительной (сравнительной) оценки износостойкости испытываемой поверхности.

Исследования износостойкости покрытий проводились на образцах, вырезанных из шеек коленчатых валов, восстановленных плазменным напылением металлического порошка на железной основе с учетом ГОСТ 23.224-86 «Методы оценки износостойкости восстановленных деталей».

Испытанию на износостойкость были подвергнуты три группы образцов:

1. Чугунные образцы, вырезанные из шеек нового коленчатого вала – эталоны, обработанные кругом рациональной характеристики до шероховатости по параметру $Ra=0,20$ мкм.

2. Образцы, вырезанные из шеек плазменно-напыленного коленчатого вала, обработанные до шероховатости $Ra=0,20$ мкм по технологии ООО «Плазматех» (г. Барнаул).

3. Образцы, вырезанные из шеек плазменно-напыленного коленчатого вала, обработанные по новой технологии до шероховатости $Ra=0,20$ мкм:

кругом с характеристикой 64CF46N6V с использованием запатентованной марки СОЖ.

Исследования проводились на машине трения СМЦ-2 по схеме «диск-колодка», позволяющей приблизить условия испытаний к реальным условиям работы сопряжения шейка-подшипник. Смазка трущихся тел обеспечивалась тем, что образец вращался в масляной ванне и масло постоянно вовлекалось в зону трения (рис. 1).

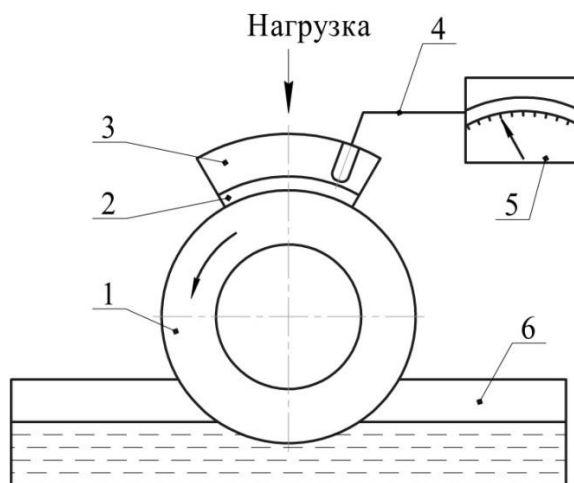


Рис.1. Схема износных испытаний: 1-испытуемый образец; 2 - контробразец; 3 - колодка; 4 – термопара; 5 – потенциометр; 6 – ванна с маслом.

Форма и размер образцов и контртел (контробразцов) обусловлены техническими данными машины трения. Образцы для испытания представляли собой диски шириной 10 ± 1 мм и диаметром $59,5 \pm 0,013$ мм. Выбор диаметров дисков, соответствующего второму ремонтному размеру шатунных шеек коленчатого вала двигателя ЗМЗ-53 и обусловлен целью оценки износостойкости плазменно-напыленного слоя на промежуточном этапе эксплуатации. В качестве контртела, работающего в паре с изношенным образцом, использовались тимплеты, вырезанные из вкладыша шатунных подшипников вала второго ремонтного размера. Площадь поверхности трения контробразца составляла $1 \cdot 10^{-4}$ м². Перед испытанием контртело проверялось на прилегаемость к образцу по пятну контакта и на просвет.

Предварительные износные испытания шлифованных плазменно-напыленных образцов проводили в абразивно-масляной среде. В этих условиях температура в зоне трения достигала 160...170 °С, что приводило к задиру сопряжения. Обеспечение более интенсивного теплоотвода из зоны сопряжения за счет установки объемной камеры и усиления циркуляции масла ощутимого эффекта не дали, так как при этом не происходило уравнивания теплового баланса. Достигнутые результаты хорошо согласуются с данными полученными в работе [1]. Это позволило сделать вывод о том, что микропористые покрытия нельзя испытывать на износостойкость в условиях абразивного изнашивания. Об этом свидетельствует и ГОСТ 23.208-79 «Метод

испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы».

Руководствуясь тем, что в условиях эксплуатации износостойкость плазменно-напыленных шеек превышает износостойкость чугуновых коленчатых валов [1-2], а также рекомендации ГОСТ 23.208-79, дальнейшие износные испытания микропористых поверхностей проводились на чистом масле без добавления в него абразивной пыли. Стараясь максимально приблизить условия испытаний к натурной эксплуатации, в качестве смазки было взято моторное масло типа М-8В ГОСТ 10541-78, используемое в двигателях ЗМЗ-53.

Для оценки величины износа наибольшее распространение получили методы микрометража, взвешивания, искусственных баз и др. [5,6]. Наиболее приемлемыми для сопряжения шейка-вкладыш является метод искусственных баз и метод взвешивания, потому что с помощью этих методов можно оценить за короткое время интенсивность изнашивания по очень малым величинам износа сопряжений. Для определения наиболее подходящего метода для наших исследований, проводилась серия предварительных опытов, после которых износ определялся обоими указанными методами.

Существует несколько разновидностей метода искусственных баз [5]. Это методы, основанные на вырезании и высверливании всевозможных лунок; методы отпечатков, полученных при вдавливании в рабочую поверхность детали инденторов различной формы. Нами была использована в качестве индентора алмазная пирамида прибора «Виккерса» ТП-3. На поверхности образцов наносились четыре отпечатка (ромба) при нагрузке 245 Н, расположенные по винтовой линии через 90°. Но поскольку плазменно-напыленный слой характеризуется прежде всего высокой пористостью, то при рассмотрении через оптический прибор базовый отпечаток не имел четкой конфигурации из-за наличия пор. И более того, уже при проведении первого цикла испытаний (2 часа) грани отпечатка затирались и сам отпечаток имел расплывчатую форму, что затрудняло измерение диагонали отпечатка с достаточной точностью.

При использовании метода взвешивания износ определялся с помощью аналитических весов АДВ-200 с точностью до 0,0005 г. А поскольку износ образцов и контртел после каждого цикла измерялся миллиграммами, поэтому сравнительную оценку износостойкости испытуемых образцов давали по методу взвешивания.

При проведении испытаний в абразивно-масляной среде нагрузка на пару трения устанавливалась равной 539 Н, что соответствует удельному давлению на шатунную шейку двигателя ЗМЗ-53 5,64 МПа [7]. В ходе исследований на чистом масле для интенсивности процесса изнашивания, нагрузка между контробразцом и испытуемой поверхностью была увеличена в 1,5 раза и составила 813 Н.

Запись момента трения осуществлялась потенциометром на пульте оператора ПО-4, а наработка пары трения фиксировалась счетчиком на пульте управления. На протяжении всего опыта измерялась температура трущихся пар

с помощью хромель-копелевой термопары и потенциометра КСП-4. Перед каждым опытом проводилась тарировка момента трения и прилагаемой нагрузки.

Испытание каждого образца осуществлялось по 8-ми часовой программе и состояло из четырех циклов по два часа при трехкратной повторности. Масса образцов и контробразцов определялась до и после каждого цикла взвешиванием на аналитических весах АДВ-200. Образцы и контробразцы перед взвешиванием промывались в ацетоне. Плазменно-напыленные образцы перед испытаниями пропитывались в масляной ванне в течение 24 часов с целью насыщения микропористого слоя.

По результатам взвешивания образцов и контробразцов определяли среднеарифметическое значение потери массы образца и контробразца. После обработки результаты исследований представлены на рис. 2.

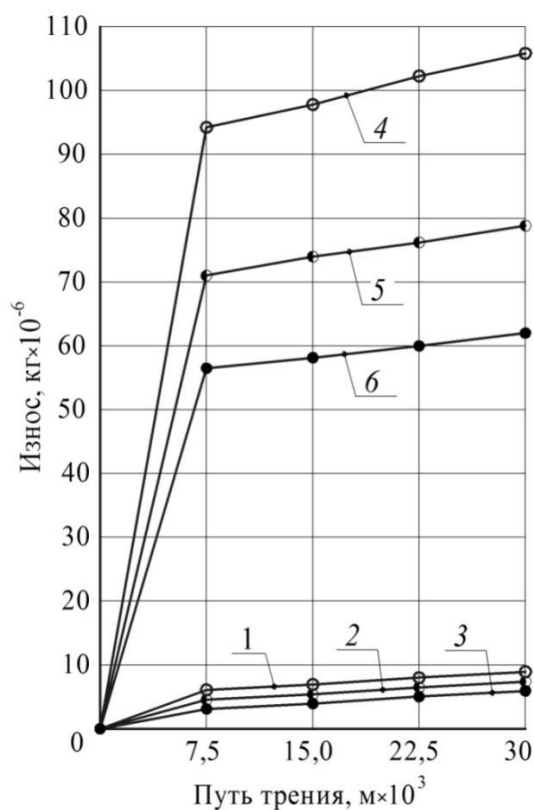


Рис. 2. Интенсивность изнашивания образца из чугуна (1), плазменно-напыленного образца, обработанного по обычной технологии (2), плазменно-напыленного образца, обработанного кругом 64CF46N6V (3) и контробразцов, работающих в паре с чугунными образцами (4), с образцом после обычной обработки (5), с образцом после обработки кругом 64CF46N6V (6).

Анализ полученных данных показывает, что износостойкость плазменно-напыленных образцов, обработанных кругом из карбида кремния зеленого с характеристикой 64CF46N6V соответственно в 1,46 и 1,31 раза выше эталонных образцов и образцов, обработанных по обычной технологии.

Износ контртел, работающих в паре с плазменно-напыленными образцами, обработанными кругом 64CF46N6V, оказался соответственно в 1,67 и 1,27 раза меньше по сравнению с износом контртел, работающих в паре с эталонными образцами и с плазменно-напыленными образцами после обработки с применением обычной технологии. Это позволяет отвергнуть предположение о том, что круг 64CF46N6V оказывает шаржирующее действие на микропористый слой, своим более хрупким абразивом. Причем рабочая поверхность контртела, работающего в паре с плазменно-напыленным образцом, обработанным кругом 64CF46N6V была гладкой и блестящей, а поверхности контртел, работающих в паре с эталонными и с плазменно-напыленными образцами, обработанными по обычной технологии, можно охарактеризовать неоднородностью и повышенной шероховатостью.

При изнашивании как шлифованных образцов, так и контробразцов работающих в паре с ними, наблюдается интенсивный износ в начальный период, когда происходит приработка трущихся поверхностей. При изнашивании образцов, обработанных кругом 64CF46N6V, и контробразцов, составляющих пару трения с ними, интенсивность изнашивания в начальном цикле в 1,3...1,5 раза ниже и наблюдается равномерное изнашивание на протяжении всех периодов.

Анализ записей температуры пар трения показывает, что средняя величина температуры для испытуемых образцов и эталона примерно одинакова и составляла 30...35 °С. Величина момента трения для всех образцов на установившемся режиме износа была равна 0.

Таким образом, пара трения с плазменно-напыленным образцом, обработанным кругом 64CF46N6V в присутствии запатентованной СОЖ, обладает повышенной износостойкостью по сравнению с парой трения чугунного образца и плазменно-напыленного образца, после обработки с применением обычной технологии.

Список литературы

1. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин: учебник / под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
2. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин: 2-е изд., доп. и перераб. / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин – М.: ГОСНИТИ, 2003 – 488 с.
3. Алексеев, Н.С. Выбор материала круга при шлифовании плазменных покрытий / Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, С.В. Иванов // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – том 117. – С. 211-219.
4. Пат. 2501847 Российская Федерация, МПК С 10 М 173/00. Смазочно-охлаждающая жидкость для шлифования плазменных покрытий на никелевой основе / Р.Ф. Мустафаев, Н.П. Сялявина, Н.С. Алексеев, С.В. Иванов, В.А. Капорин; заявитель и патентообладатель Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – №2012115175/04; заявл. 16.04.2012, опубл. 20.12.2013, Бюл. №35.
5. Хрущова, М.М. Определение износа деталей машин за короткие периоды работы / под ред. М.М. Хрущова. – М., 1965. – 76 с.

6. Григорьев, М.А. Износ и долговечность автомобильных двигателей / М.А. Григорьев, Н.Н. Пономарев. – М.: Машиностроение, 1976. – 248 с.

7. Исаев, А.Э. Расчет толщины масляного слоя в подшипнике коленчатого вала / А.Э. Исаев, В.И. Чумак // Автомобильная промышленность. – 1972. – №5. – С. 4-5.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПРИ ШЛИФОВАНИИ МИКРОПОРИСТОГО ПОКРЫТИЯ

Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, Р.С. Черепанов

Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация. Приводятся результаты исследований процесса врезного шлифования микропористых покрытий с использованием активного планирования эксперимента. Рассмотрена математическая модель, описывающая различные свойства отклика обрабатываемых поверхностей на воздействия режимов резания и элементов характеристики кругов. На основе дробного факторного эксперимента получена формула, устанавливающая комплексное влияние указанных технологических факторов на шероховатость.

Ключевые слова: микропористые покрытия, абразивная обработка, шлифовальные круги, режимы резания, шероховатость, профилограммы.

IMPACT OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON ROUGHNESS WHEN GRINDING A MICROPOROUS COATING

N.S. Alekseev, V.A. Kaparin, R.S. Cherepanov

Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of the federal government budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunov"

Abstract. The results of studies of the process of mortise grinding of microporous coatings using an active experiment planning method are presented. A mathematical model describing the various properties of the response of the machined surfaces to the impact of cutting modes and elements of the wheels characteristics is considered. On the basis of a fractional factorial experiment, a formula has been obtained that establishes the complex effect of these technological factors on the roughness.

Keywords: *plasma coatings, abraasive machining, abraise wheels, cutting conditions, surface roughness, profilograms.*

Нанесение износостойких микропористых покрытий на никелевой основе (далее просто покрытий) является одним из перспективных способов упрочнения и восстановления изношенных деталей [1]. Наиболее распространенными поверхностями для наращивания покрытий служат шейки коленчатых и распределительных валов автотракторных двигателей, имеющих малую протяжённость.

Наибольший интерес из существующих методов обработки покрытий восстановленных деталей с небольшими припусками и требующих высокой точности и низкой шероховатости является шлифование.

Несмотря на недостаточно высокую производительность, очень часто шлифование оказывается единственно возможным методом обработки, поскольку процесс является более универсальным как по способу реализации (круглое наружное и внутреннее, плоское и бесцентровое шлифование), так и по уровню твердости и качеству обрабатываемых покрытий.

Выполняют абразивную обработку покрытий, как правило, серийными кругами тех же самых характеристик и на тех же режимах резания, что и при шлифовании компактных материалов – сталей и чугунов. Хотя понятно, что физико-химические свойства однородных материалов и покрытий – совершенно разные. Последние, в частности, отличаются высокой пористостью, наличием оксидов и шлаков, пониженной теплопроводностью и т.д.

Поэтому обработка покрытия сопровождается интенсивным засаливанием рабочей поверхности абразивного инструмента. Это требует не только частых правок круга, а, главное, ухудшает шероховатость обрабатываемой поверхности. Более того, на ней возникают гранености и дробления (рубка).

В связи с этим, изыскание оптимальных значений технологических факторов при шлифовании покрытий, обеспечивающих высокое качество обработанной поверхности является актуальной задачей. Для оптимизации процесса абразивной обработки покрытий были проведены экспериментальные исследования.

В результате предварительных опытов были получены частные эмпирические зависимости показателей шлифования от некоторых элементов режима резания [2,3]. Однако задача оптимизации требует перехода от частных эмпирических зависимостей к математическим моделям. Эту задачу можно решить на основе теории многофакторного эксперимента.

Предварительные опыты позволили установить, что при врезном шлифовании покрытий наибольшее влияние на шероховатость оказывают как режимные факторы, так и отдельные элементы характеристики кругов. Поэтому при изучении процесса абразивной обработки покрытий необходимо найти такое сочетание указанных технологических факторов, которое бы обеспечило наименьшую высоту микронеровностей шлифованной поверхности.

Для поиска оптимального сочетания факторов и установления комплексного их влияния на шероховатость был реализован дробный факторный эксперимент (ДФЭ) типа 2^{5-2} .

В качестве независимых переменных процесса врезного шлифования были приняты режимные факторы: скорость резания V_p , скорость вращения детали V_d и скорость радиальной подачи S_{rad} , а также элементы характеристики кругов – размер зернистости N_z и степень твердости N_m .

На основании априорной информации и результатов предварительных опытов были выбраны уровни и интервалы варьирования для каждой независимой переменной (таблица 1). В качестве выходного параметра

процесса врезного шлифования была принята высота микронеровностей по параметру Ra.

Таблица 1

Значения уровней факторов

Фактор	Код	Уровень факторов			Интервал варьирования
		Нижний (-)	Основной (0)	Верхний (+)	
$V_p, м/с$	X_1	10	30	50	25
$V_d, м/мин$	X_2	10	25	40	15
$S_{рад}, мм/мин$	X_3	0,24	0,36	0,48	0,12
$N_3, мкм$	X_4	160	330	500	170
$N_m, мм$	X_5	1,75	3,15	4,55	1,4

Примечание. Твердость шлифовальных кругов определялась пескоструйным прибором по глубине лунки. Глубине лунки 1,75 мм соответствует степень твердости R (T1); глубине лунки 3,15 мм – степень твердости O (CT1); глубине лунки 4,55 мм – степень твердости L (CM2).

Эксперименты проводились на модернизированном круглошлифовальном полуавтомате высокой точности с ЧПУ модели 3M152MBФ2. Для привода главного движения, обеспечивающего скорости резания 10 и 50 м/с, были изготовлены сменные ведомые шкивы.

В качестве обрабатываемого материала использовалось плазменное покрытие из порошка интерметаллида марки ПВ – H85Ю15 на никелевой основе. Химический состав полученного покрытия показан в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав плазменного покрытия

Химический состав, вес. %				Твердость, HRC	Пористость, %
Ni	Al	O	C		
55,7	15,3	16,0	13,0	25...30	8...10

Образцы с плазменно-напыленными покрытиями представляли собой втулки из стали 45 диаметром около 60 мм и высотой 32 мм, имитирующие шатунные шейки коленчатого вала двигателя 3МЗ-53. Для шлифования в центрах образцы устанавливались на жесткую оправку.

Для исследований применялись круги из электрокорунда белого 24А 6-й структуры на керамической связке (V) формы 1 600 x 25 x 305 мм ГОСТ Р52781-2007 производства ОАО «Косулинский абразивный завод». Правка кругов осуществлялась алмазным карандашом методом обтачивания. В качестве СОЖ применялся 3%-й водный раствор эмульсола «ЭПМ-1шп», который подавали в зону шлифования поливом с расходом 12 л/мин.

Длительность каждого опыта равнялась периоду стойкости круга, который определялся по появлению на обработанной поверхности шлифовочных дефектов - прижогов и огранки. Затем производилось измерение шероховатости по параметру Ra и круг правился.

Измерение высоты микронеровностей шлифованных поверхностей производили на профилографе-профилометре АБРИС-ПМ07, а также на базе комплекса изучения топографии модели *Zygo New View 7300* с дополнительным изучением характера поверхности на растровом электронном микроскопе (РЭМ) модели *Carl Zeiss EVO 50 XVP*. Замеры шероховатости проводились в пяти случайных положениях образцов с определением ее среднего значения.

Механизм формирования микрорельефа поверхности покрытий при шлифовании заметно отличается от процессов протекающих при обработке однородных материалов. Важная роль в формировании шероховатости в этом случае принадлежит таким дефектам, как поры. На снимке (рис. 1),

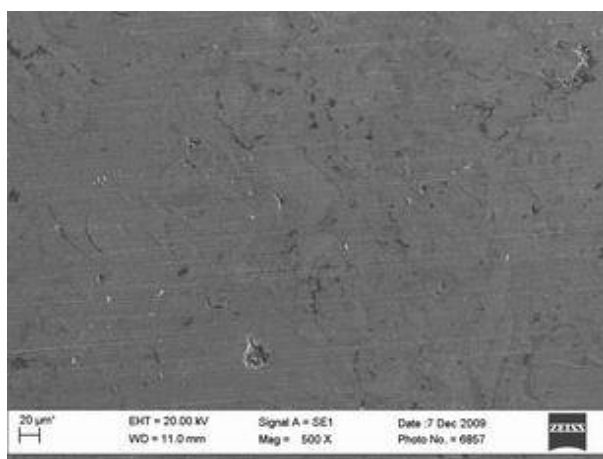


Рис. 1. Поверхность покрытия после шлифования.

полученном на РЭМ, видно, что типовая поверхность плазменно-напыленного покрытия после шлифования обладает открытой пористостью. На типовой профилограмме поверхности, изображенной на рис. 2, отчетливо виден «провал», обусловленный наличием поры. Вследствие этого, при измерении такой шероховатости на профилографе-профилометре алмазная игла попадает в поры, что приводит к получению недостоверных (завышенных) результатов.

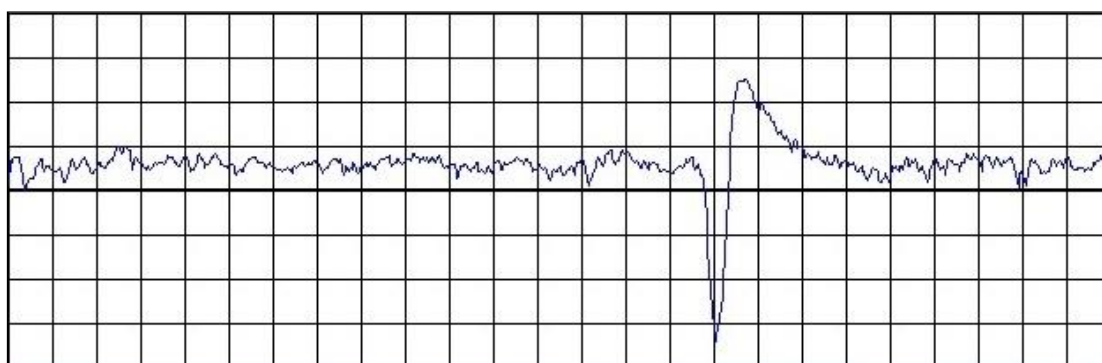


Рис. 2. Шероховатость поверхности покрытия после шлифования

Для получения более точных измерений в программе «Анализ и обработка профилограмм и осциллограмм» [4] реализована задача по пересчету

шероховатости (рис. 3,а), позволяющая исключить участки профилограммы в случае присутствия на них пор. Данная задача решается во вкладке «Пересчет шероховатости».

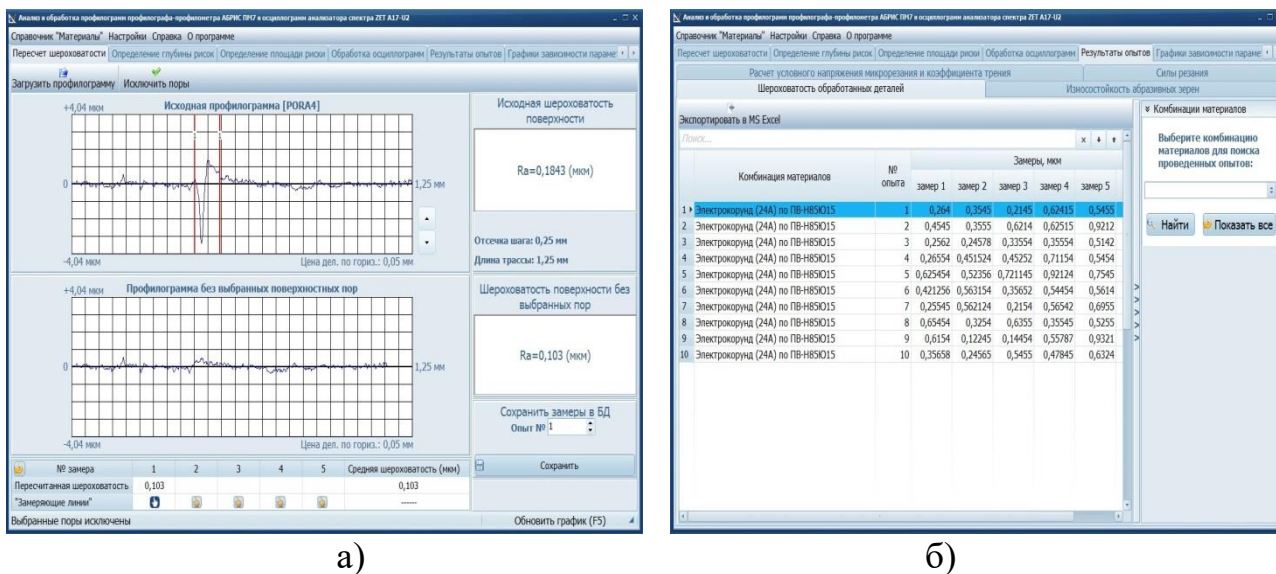


Рис. 3. Внешний вид специальной программы: а – вкладка «Пересчет шероховатости»; б – вкладка «Результаты опытов» - «Шероховатость обработанных деталей»

На профилографе-профилометре АБРИС-ПМ7 выполнялось измерение шероховатости на шлифованном образце с сохранением результатов на компьютере. С помощью вышеупомянутой программы и встроенного в неё конвертера производилось построение профилограммы в верхней графической зоне с предварительным расчетом шероховатости по критерию Ra (рис. 3,а). Затем указателем мыши отмечались участки профилограммы на которых присутствуют поры. После выделения всех таких участков выполнялось построение новой профилограммы в нижней графической зоне с последующим пересчетом параметра шероховатости по Ra (рис. 3,а).

Программа позволяет определить вид эксперимента и сохранять произведенные замеры в базе данных с сортировкой комбинации пары абразивный круг – обрабатываемый материал (рис.3,б).

Матрица планирования и результаты экспериментов приведены в табл. 3. Опыт, условия которого соответствуют рассматриваемой строке матрицы, повторяли трижды и принимали среднее арифметическое значение.

Проверка, проведенная по экспериментальному критерию Кохрена, показала, что дисперсии однородны. Это свидетельствует о 95% -ной гарантии повторяемости полученных результатов.

Анализ полученной математической модели процесса шлифования покрытия после проверки значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента показал, что она аппроксимируется в кодированных значениях независимых переменных формулой

$$Y_p = 0,25 - 0,09X_1 + 0,02X_3 + 0,02X_4 \quad (1)$$

Матрица планирования и результаты опытов

Номер опыта	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	\bar{Y}	σ^2	Y_p
1	-	-	-	+	+	0,34	0,0025	0,29
2	+	-	-	-	-	0,12	0,0001	0,12
3	-	+	-	-	+	0,29	0,0002	0,34
4	+	+	-	+	-	0,16	0,0044	0,16
5	-	-	+	+	-	0,39	0,0046	0,34
6	+	-	+	-	+	0,17	0,0012	0,16
7	-	+	+	-	-	0,33	0,0001	0,38
8	+	+	+	+	+	0,18	0,0016	0,20

Примечание. \bar{Y} - среднее арифметическое значение шероховатости, рассчитанное по результатам трех повторений опыта, *мкм*; σ^2 – дисперсия каждого опыта (строки матрицы); Y_p – высота микронеровностей, рассчитанная по формуле (2), *мкм*.

Проверка адекватности модели по критерию Фишера дала положительный результат.

Коэффициенты при независимых переменных указывают на влияние каждого из факторов. Чем больше коэффициент, тем большее влияние оказывает фактор на высоту микронеровностей.

Анализ формулы (1) показывает, что на величину Ra наибольшее влияние оказывает скорость резания (X_1), а наименьшее – скорость радиальной подачи (X_3) и размер зернистости (X_4) кругов. При этом с увеличением скорости резания высота микронеровностей уменьшается, а с возрастанием скорости радиальной подачи и размера зернистости – возрастает. Факторы X_2 и X_5 не оказывают существенного влияния на величину Ra .

Установленные закономерности можно объяснить так. При шлифовании покрытий на повышенных скоростях толщина стружки (толщина среза), приходящейся на отдельное зерно уменьшается [3], вследствие чего шероховатость обработанных поверхностей также снижается.

С ростом скорости радиальной подачи, наоборот, толщина среза единичным зерном возрастает, а значит, и увеличивается радиальная составляющая силы резания P_y [2], что способствует усилению вибраций в технологической системе и росту высоты микронеровностей.

Повышение зернистости кругов способствует росту сил резания [3], вследствие чего абразивные зерна быстро затупляются и наблюдается прогрессирующая адгезия металла на площадки износа. Круги теряют режущую способность, что вызывает рост интенсивности вибраций в технологической системе, а стало быть и шероховатости поверхности.

В натуральных значениях переменных зависимость высоты микронеровностей выражается формулой

$$Y_p = 0,292 - 0,0045V_p + 0,167S_{рад} + 0,0001N_z \quad (2)$$

Выводы

1. Получена математическая модель, которая может служить основой для оптимизации процесса абразивной обработки износостойких микропористых покрытий на никелевой основе.

2. Для определения оптимальных значений технологических факторов, обеспечивающих достижение наименьшей высоты микронеровностей при врезном шлифовании рассматриваемых покрытий необходимо выполнить расчет крутого восхождения.

Список литературы

1. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин: 2-е изд., доп. и перераб. / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин – М.: ГОСНИТИ, 2003 – 488 с.

2. Алексеев, Н.С. Влияние глубины резания на показатели шлифования плазменных покрытий / Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, С.В. Иванов // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – том 116. – С. 161-168.

3. Алексеев, Н.С. Влияние скорости шлифования плазменных покрытий на режущую способность кругов / Н.С. Алексеев, С.В. Иванов, В.А. Капорин // Техника в с/х. – 2014. – №5. – С. 26-30.

4. А.с. 2014661186. Анализ и обработка профилограмм и осциллограмм / М.Е. Торопов, В.А. Капорин, Н.С. Алексеев, С.В. Иванов, Е.А. Дудник. – №2014618920; заявл. 4.09.14; зарегистр. 24.10.14 г.

РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННОГО АБСОРБЕРА С УДАРНО-РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ НАСАДКОЙ

М.В. Андреевко, А.В. Бальчугов

Ангарский государственный технический университет

Аннотация. На основе результатов экспериментальных исследований и математического моделирования разработан новый абсорбер для поглощения диоксида углерода из синтез-газа водой. Абсорбер реализует эффективный гидродинамический режим взаимодействия газа и жидкости в слое ударно-распылительной насадки, что обеспечивает высокую интенсивность процесса абсорбции.

Ключевые слова: абсорбционный аппарат, ударно-распылительная насадка, диоксид углерода, синтез-газ.

DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ABSORBER WITH SHOCK-SPRAY PACKING

M.V. Andreenko, A.V. Balchugov

Angarsk State Technical University

Abstract. Based on the results of experimental studies and mathematical modeling, a new absorber has been developed to absorb carbon dioxide from syngas by water. The absorber implements an effective hydrodynamic mode of interaction of gas and liquid in the layer of the shock-spray packing, which ensures a high intensity of the absorption process.

Keywords: *absorption apparatus, shock-spray nozzle, carbon dioxide, synthesis gas.*

Действующий на химическом производстве абсорбер с кольцами Рашига не обеспечивает требуемую степень очистки синтез-газа от диоксида углерода [1]. Как показано в работе [1], основной причиной низкой интенсивности абсорбции являются недостатки колец Рашига как контактного устройства. Этим недостатком лишена ударно-распылительная насадка, характеризующаяся высокой интенсивностью массопереноса и низким гидравлическим сопротивлением [2, 3]. В связи с этим актуальной является разработка нового промышленного абсорбера с высокоэффективной ударно-распылительной насадкой.

При разработке высокоэффективного промышленного абсорбера с ударно-распылительной насадкой для поглощения диоксида углерода водой из синтез-газа использованы результаты экспериментальных исследований и математического моделирования процесса абсорбции диоксида углерода водой, приведенные в работах [1, 2, 4].

Исходные данные для разработки промышленного абсорбера: объемный расход синтез-газа на входе в абсорбер при нормальных условиях $V_1=190000$ м³/ч; объемный расход синтез-газа при рабочих условиях $V_2=7037$ м³/ч; начальный состав синтез-газа: СО – 45 об. %; Н₂ – 48 об. %; СО₂ – 6 об. %; СН₄ – 0,5 об. %; N₂ – 0,5 об. %; начальная концентрация диоксида углерода в синтез-газе при рабочих условиях 0,07232 кмоль/м³; абсолютное давление в абсорбере 27 ат; температура в абсорбере 20°С; начальная концентрация диоксида углерода в воде 3 мг/л; коэффициент распределения $\gamma=0,94$; конечная концентрация диоксида углерода в синтез-газе менее 4% об.

Для обеспечения высокой интенсивности массообмена в абсорбере должен быть реализован эффективный гидродинамический режим. На основе анализа результатов экспериментальных исследований, приведенных в работе [1, 2], решено работать в следующем гидродинамическом режиме: приведенная скорость газа в колонне $w_2=4$ м/с, плотность орошения $U=127$ м³/м²·ч. Этот режим характеризуется высокой интенсивностью массопередачи, при этом объемный коэффициент массопередачи составляет $K_L a=350$ ч⁻¹.

Расчеты промышленного абсорбера для данного гидродинамического режима выполнены на основе модели идеального вытеснения, адекватность которой для ударно-распылительной насадки была показана в результате экспериментальных исследований [1, 2].

Поперечное сечение пакета ударно-распылительной насадки имеет форму квадрата. Площадь квадрата:

$$S = \frac{V_2}{3600 \cdot w_2} = 0,50 \text{ м}^2. \quad (1)$$

Длина стороны квадрата:

$$l = \sqrt{S} = 0,70 \text{ м}. \quad (2)$$

Пакет насадки устанавливается в колонну с круглым поперечным сечением. Минимальный диаметр колонны равен диаметру окружности, описанной вокруг квадрата:

$$d = l\sqrt{2} = 0,99 \text{ м.} \quad (3)$$

Выбираем диаметр колонны из стандартного ряда [5]: $d=1\text{м}$.

Исходя из заданной плотности орошения U расход воды L , при котором создаются благоприятные гидродинамические условия для проведения процесса с высокой интенсивностью и высоким объемным коэффициентом массопередачи, составит:

$$L = U \cdot S = 64 \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (4)$$

Требуемый минимальный расход воды для обеспечения требуемой степени очистки заданного расхода синтез-газа определяется по уравнению:

$$L_{\min} = \frac{V_2 \cdot (C_{y,n} - C_{y,\epsilon})}{C_{y,\epsilon} \cdot \gamma - C_{x,\epsilon}} = 2498 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

где C – концентрация диоксида углерода, кмоль/м³; нижний индекс y – газовая фаза; нижний индекс x – жидкая фаза; нижний индекс ϵ – верхняя часть колонны; нижний индекс y – нижняя часть колонны.

Как видно, минимальный расход воды (2498 м³/ч), требуемый для обеспечения заданной степени очистки синтез-газа, существенно превышает расход воды (64 м³/ч), определенный по уравнению (4). Это объясняется тем, что диоксид углерода плохо растворим в воде, и движущая сила процесса массопередачи имеет низкое значение. При подаче в колонну воды с расходом 64 м³/ч вследствие высокоэффективного гидродинамического режима произойдет быстрое насыщение жидкости диоксидом углерода в слое насадки с небольшой высотой, однако конечная концентрация диоксида углерода в синтез-газе будет выше требуемой, поскольку данный расход жидкости меньше минимального. В учетом этого с целью обеспечения высокоинтенсивного режима массопередачи (приведенная скорость газа в колонне 4 м/с, плотность орошения 127 м³/м²·ч) и требуемой степени очистки синтез-газа принято решение установить в аппарате многосекционный слой насадки с последовательным по газу соединением секций между собой, при этом в каждую секцию подается свежая вода с расходом $L=64 \text{ м}^3/\text{ч}$. Жидкость подается в верхнюю ступень каждой секции ударно-распылительной насадки, а отводится через нижнюю ступень секции, как показано на рис. 1. При этом жидкость в верхней и нижней ступенях секции также контактирует с газом и участвует в процессе массообмена, то есть во всех ступенях секции созданы одинаковые гидродинамические условия. Синтез-газ с заданным расходом проходит последовательно через все секции насадки.

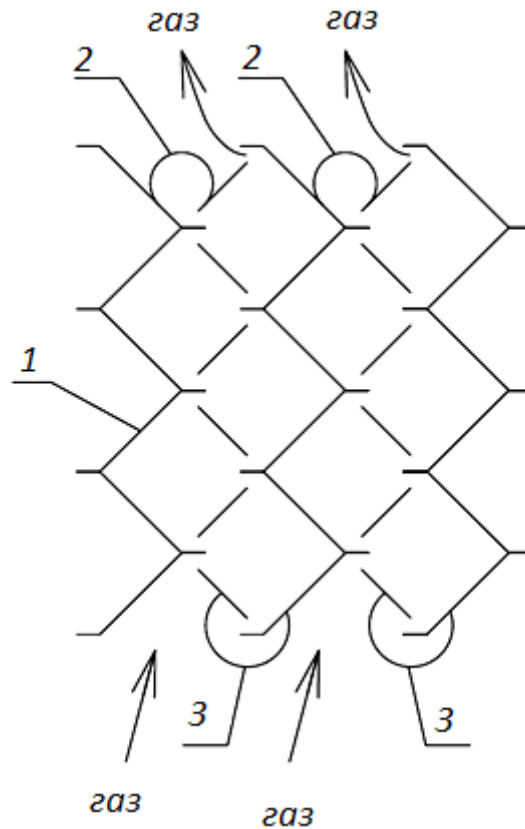


Рис. 1. Схема сечения ударно-распылительной насадки: 1 – слой ударно-распылительной насадки; 2 – распределитель жидкости; 3 – приемник жидкости

Конечная концентрация диоксида углерода в воде в каждой секции i , начиная с нижней секции, рассчитана по следующему уравнению, полученному в результате подстановки уравнения материального баланса в уравнения модели идеального вытеснения:

$$C_{x,n,i} = \frac{(m \cdot C_{x,\beta,i} - K_L a \cdot \gamma \cdot C_{y,n,i}) \cdot e^{\frac{h \cdot m}{w_{жс}}} - K_L a \cdot \gamma \cdot C_{y,n,i}}{m + K_L a \cdot \gamma \frac{L}{V_2} \cdot \left(e^{\frac{h \cdot m}{w_{жс}}} - 1 \right)}, \quad (6)$$

где $w_{жс}$ – приведенная скорость жидкости, м/с; и

$$m = K_L a \cdot \left(\gamma \frac{w_{жс}}{w_2} - 1 \right). \quad (7)$$

Средняя движущая сила массопередачи в слое насадки:

$$\Delta_{x,ср} = \frac{\Delta_{x,\beta} - \Delta_{x,n}}{\ln \frac{\Delta_{x,\beta}}{\Delta_{x,n}}}. \quad (8)$$

Суммарная высота слоя насадки:

$$H = n \cdot h. \quad (9)$$

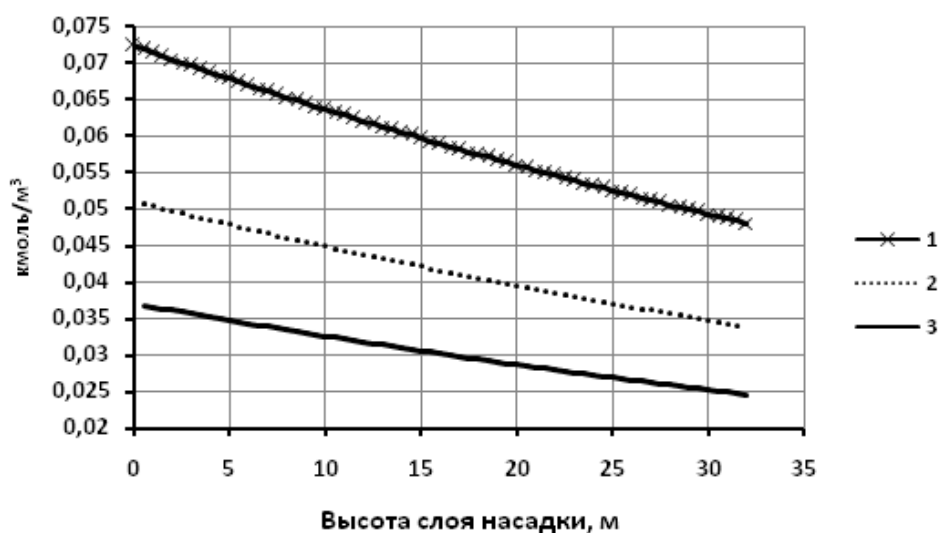


Рис. 2. Распределение концентрации диоксида углерода и движущей силы процесса по высоте слоя насадки: 1 – распределение концентрации диоксида углерода в синтез-газе; 2 – распределение концентрации диоксида углерода в жидкости; 3 – распределение движущей силы процесса массопередачи

С использованием данной методики выполнен расчет суммарной высоты слоя насадки H для различных высот секций h , при которой обеспечивается требуемая степень очистки газа. Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета высоты слоя ударно-распылительной насадки

Высота секции, h , м	0,5	1	1,5
Требуемое число секций, n	64	50	49
Суммарная высота слоя насадки, H , м	32	50	73,5

Из табл. 1 видно, что с уменьшением высоты секции суммарная высота слоя насадки уменьшается. Это объясняется увеличением интенсивности массопереноса с уменьшением высоты секции вследствие повышения движущей силы процесса. Принято решение высоту секции насадки принять равной 0,5 м, поскольку при этом обеспечивается относительно низкая суммарная высота слоя насадки (32 м). Распределение концентрации диоксида углерода и движущей силы процесса по высоте слоя насадки в соответствии с моделью идеального вытеснения представлено на рис. 2. Как видно из рис. 2, движущая сила процесса массопередачи по высоте слоя насадки снижается, что приводит к некоторому снижению скорости изменения концентраций диоксида углерода в синтез-газе и жидкости.

Как показали расчеты по уравнениям модели идеального вытеснения, суммарная высота всех секций ударно-распылительной насадки составит 32 метра (табл. 1). Принято решение насадку разместить в двух последовательно соединенных по газу колоннах так, как показано на рис. 3. Высота слоя ударно-распылительной насадки в каждой колонне составит 16 м.

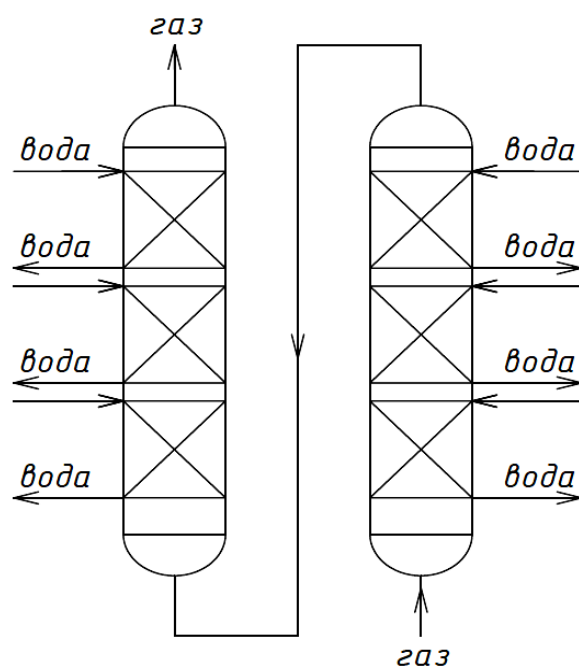


Рис. 3. Схема абсорбера с многосекционной ударно-распылительной насадкой

В табл. 2 для сравнения приведены характеристики действующих абсорбционных колонн с кольцами Рашига для поглощения диоксида углерода из синтез-газа и разработанного аппарата с ударно-распылительной насадкой.

Таблица 2

Характеристики абсорбционных аппаратов

Характеристика	Действующие колонны	Новый аппарат
Насадка	Кольца Рашига 80×80×8мм	Ударно- распылительная насадка
Расход синтез-газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	190000	190000
Давление в аппарате, ат	27	27
Начальная концентрация диоксида углерода в синтез-газе, % об.	6	6
Суммарный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	4200	4096
Объемный коэффициент массопередачи, ч^{-1} .	64	350
Число колонн	8	2
Диаметр колонн, м	2,4	1,0
Суммарная высота слоя насадки, м	112	32
Объем слоя насадки, м^3	506	16
Конечная концентрация диоксида углерода в синтез-газе, % об.	4,00	3,987
Конечная концентрация диоксида углерода в синтез-газе, $\text{кмоль}/\text{м}^3$	0,048214	0,048059
Количество дополнительно полученного диоксида углерода, кг/год	–	364352

Как видно из табл. 2, новый аппарат с ударно-распылительной насадкой в сравнении с действующими колоннами характеризуется низким объемом слоя

насадки и более высокой степенью извлечения диоксида углерода из синтез-газа. Новый аппарат позволяет дополнительно извлечь из синтез-газа 364352 кг диоксида углерода в год.

В условиях крупнотоннажного производства даже незначительное повышение степени очистки позволяет получить существенный экономический эффект. Для достижения более высокой степени извлечения диоксида углерода в аппарате достаточно установить дополнительные секции ударно-распылительной насадки.

Список литературы

1. Андреевко, М.В. Массообменная эффективность ударно-распылительной насадки / Андреевко М.В., Бальчугов А.В., Дубровский Д.А., Коробочкин В.В. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 11. С. 37-44.

2. Андреевко, М.В. Гидродинамика ударно-распылительной насадки. / Андреевко М.В., Бальчугов А.В., Кузора И.Е. // Химическая промышленность сегодня. 2016. № 11. С. 39-48.

3. Патент на изобретение РФ № 2602118. Регулярная насадка для тепло- и массообменных процессов / Андреевко М.В., Бальчугов А.В., Бадеников А.В., Кузора И.Е. Заявитель и патентообладатель: Ангарский государственный технический университет. Заявка № 2015128428/05 от 13.07.2015. Опубл.: 10.11.2016. Бюл. № 31.

4. Андреевко, М.В. Математическое моделирование массообмена в секционированном насадочном аппарате при больших нагрузках по газу и жидкости / Андреевко М.В., Бальчугов А.В. // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2016. № 10. С. 77-80.

5. Рамм, В.М. Абсорбция газов. М.: РГБ. – 2009. – с. 655.

УДК 663.44

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ ЯГОДНОЙ СИБИРСКОЙ В ПОЛЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

А.А. Апполонов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И.
Ползунова»*

Аннотация. В статье изложены результаты экспериментальных исследований процесса экстрагирования плодов яблони ягодной сибирской в условиях воздействия на процесс низкочастотных механических колебаний. Исследована кинетика выделения в экстракт сухих водорастворимых веществ плодов яблони ягодной сибирской. Результаты исследований представлены в виде таблиц.

Ключевые слова: *экстракт, яблоня ягодная сибирская, низкочастотные механические колебания, экстрагирование, сухие водорастворимые вещества.*

THE EXTRACTION OF FRUITS OF APPLE AND BERRY SIBERIAN IN THE FIELD OF LOW FREQUENCY MECHANICAL VIBRATIONS

A.A. Appolonov

Rubtsovsk industrial Institute (branch) of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Altai state technical University they. I. I. Polzunov»

Abstract. The article presents the results of experimental studies of the process of extracting the fruit of the Siberian berry Apple tree under the influence of low-frequency mechanical vibrations on the process. The kinetics of the release of dry water-soluble substances into the extract of the fruit of the Siberian berry Apple was studied. The results of the research are presented in the form of tables.

Keywords: *extract, Siberian Apple tree, low-frequency mechanical vibrations, extraction, dry water-soluble substances.*

Полноценное питание – это основной фактор, определяющий здоровье населения. Известно, что большая часть населения нашей страны испытывает дефицит микронутриентов в питании, а именно: витаминов, отдельных макро– и микроэлементов, пищевых волокон, незаменимых аминокислот и других соединений. Значимая роль в восполнении этих веществ принадлежит функциональным продуктам питания, которые при систематическом употреблении в составе пищевых рационов, сохраняют и улучшают здоровье и снижают риск развития заболеваний, связанных с питанием, благодаря наличию в их составе функциональных ингредиентов, обладающих способностью оказывать благоприятное воздействие на одну или несколько физиологических функций и метаболических реакций организма человека.

Применение экстрактов природного происхождения при производстве продуктов питания приобретает все большую актуальность. Вещества природного происхождения обладают низкой токсичностью и высокой биосовместимостью. Интерес к продуктам питания, имеющим в своем составе природные добавки, постоянно растёт.

В Алтайском крае и в других регионах России широко произрастает яблоня ягодная сибирская, которая содержит витамин С, органические кислоты, флавоноиды, микроэлементы. В народной медицине настой или отвар сушёных и свежих плодов яблони ягодной сибирской назначают при простудных заболеваниях, как противохорадочное средство, при заболеваниях лёгких и малокровии, рекомендуют как общеукрепляющее и регулирующее обмен веществ средство. По наличию органических кислот, дубильных веществ и содержанию витаминов плоды яблони ягодной сибирской превосходят большинство культурных сортов яблонь [1,2].

Экстрагирование является одним из наиболее оправданных способов получения полезных веществ, содержащихся в растительном сырье и плодово-ягодном сырье[3,4]. В настоящее время способ экстрагирования в поле низкочастотных механических колебаний можно считать одним из наиболее прогрессивных[5].

В работе объектом исследования были выбраны плоды яблони ягодной сибирской, высушенные в естественных условиях и измельчённые. В качестве экстрагента использовалась дистиллированная вода. Исследования проводили на экспериментальной установке в виде ёмкостного экстрактора периодического действия с вибрационной тарелкой [5].

На основе предварительных экспериментов и имеющихся рекомендаций были определены величины факторов, определяющих процесс экстрагирования. Гидромодуль j в экспериментах составлял 1:20 (0,05) и 1:10 (0,1), частота колебаний – $n = 10$ Гц, диаметр отверстий в тарелке $d = 0,0025$ м, ход тарелки экстрактора во время работы аппарата принимали равным двойному значению амплитуды колебаний – $2A = 0,022$ м, начальная температура экстрагента составляла 20°C и 60°C, площадь свободного сечения тарелки - 16,5 %.[5].

Плоды яблони ягодной сибирской предварительно измельчали на лабораторной мельнице ножевого типа. Размеры частиц измельчённых плодов, полученные путем отсева на ситах лабораторной вибрационной установки, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение частиц измельчённых плодов яблони ягодной сибирской по ситам

Размер ячейки сита, мм	0,063	0,071	0,125	0,160	0,250	0,450	0,650	Итого
Остаток на сите, %	0	0,62	5,79	11,89	22,58	59,12	0,70	100

Показатель процесса - процентное содержание сухих водорастворимых веществ в экстракте $C_{св}$, определяли рефрактометрическим методом [6] при помощи рефрактометра РЛ-2, имеющего предел допустимой погрешности измерения по шкале сухих веществ $\pm 0,01$ %.

Экстрагирование проводили до достижения системой равновесного состояния, что наблюдалось на 4 – 5 минутах от начала процесса. Дальнейшее экстрагирование было нецелесообразным ввиду прекращения выхода сухих водорастворимых веществ.

Зависимость содержания сухих водорастворимых веществ $C_{св}$ от времени экстрагирования представлена в таблице 2.

Таблица 2

Результаты экспериментов экстрагирования измельчённых плодов яблони ягодной сибирской

№ п/п	Начальная температура экстрагента, t°C	Гидромодуль, j	Время экстрагирования, мин										
			Содержание сухих водорастворимых веществ, C _{св} %										
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
1	20	1:20	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,8	2,8	
2	60	1:20	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	
3	20	1:10	4,5	5,0	5,1	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	

Из таблицы 2 видно, что при гидромодуле 1:20 максимальное содержание сухих водорастворимых веществ составляет 3%, при начальной температуре экстрагента 60°C достигается эта величина на 4 минуте от начала процесса экстрагирования. Экстрагирование при начальной температуре экстрагента 20°C и том же гидромодуле, позволяет получить худшие результаты: $C_{св} = 2,8\%$ и время достижения этого значения – 4,5 минуты.

Эксперименты с гидромодулем 1:10 технически сложно осуществимы, поэтому не могут быть рекомендованы для дальнейшего изучения.

Таким образом, для получения водного экстракта плодов яблони ягодной сибирской может быть рекомендован способ экстрагирования в поле низкочастотных механических колебаний при гидромодуле 1:20, начальной температуре экстрагента 60°C в течение 4 минут.

Список литературы

1. Савельев, Н.И. Биохимический состав и антиоксидантная активность плодов яблони / Н.И. Савельев, А.Н. Юшков, М.Ю. Акимов и др. // Вестник МичГАУ. 2010. №2. С. 12-15.

2. Дудниченко, Л.Г. Плодовые и ягодные растения – целители / Л.Г. Дудниченко, В.В. Кривенко. – Киев: Наукова Думка, 1987. 112 с.

3. Павлов, С.С. Производство обогащенных продуктов с использованием экстрактов и их товароведная оценка / С.С. Павлов, С.Н. Кравченко. – Кемерово: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат – АСТШ, 2006. – 151 с.

4. Сорокопуд, А.Ф. Об использовании растительных ресурсов для обогащения продуктов питания / А.Ф. Сорокопуд, Н.В. Дубинина. – М. 2008. 10 с.- Деп. в ЦИИТЭИагропром 18.02.08, № 3

5. Сорокопуд, А.Ф. Интенсификация экстрагирования плодово-ягодного сырья с использованием низкочастотного вибрационного воздействия / А.Ф. Сорокопуд, В.А. Помозова, А.С. Мустафина // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2000. – № 5. – С. 35–39.

6. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – Введ. 1991-07-01. – М.: Стандартинформ, 2010.- 12с.

УДК 631. 511

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ХЛОПКА ИЗ СТВОРКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИННОГО СБОРА

И.А. Аширбеков, М.Р. Джиянов

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Ташкентский Государственный аграрный университет

Аннотация. В статье теоретически раскрывается физическая сущность стабилизации процесса извлечения хлопка из створок и производительности машинного сбора.

Ключевые слова: Хлопка, комбинированным, пневмодинамическим, вертикальный шпиндель, турбулизатора, аэровихревой кавиатор.

THEORETICAL PRECONDITIONS TO IMPROVE THE STABILITY OF THE PROCESS OF EXTRACTING A COTTON FROM THE CABINET OF PRODUCTIVITY OF THE MACHINE ASSEMBLY.

I.A. Ashirbekov, M.R. Djiyanov

*Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Agricultural Mechanization
Tashkent State Agrarian University*

Abstract. The article theoretically reveals the physical essence of the stabilization of the process of extracting cotton from the valves and productivity of the machine collection.

Keywords: cotton, combined, pneumatic, vertical spindle, turbulator, air-vortex caviator.

Процесс извлечения и наматывания хлопка зубьями шпинделей заключается в проникновении зубьев в переплетенные между собой волокна хлопка и увлечение волокна за собой при перемещении. Допустить “вкалывание” зубьев в волокно можно только условно, так как зубья входят в летучки, не повреждая волокна, а только раздвигая их. С внедрением в хлопководство все более скороспелых и высокоурожайных сортов хлопчатник, эта проблема становится все более острой и актуальной, так как механические шпиндели становятся менее работоспособными по мере снижения силы связи дольки со створками раскрытых коробочек. Своеобразие биологических свойств коробочек подталкивает к совершенствованию стратегии и технологии машинного сбора. Всё это диктует переход к комбинированным пневмодинамическим хлопкоуборочным машинам [2,3,4]. Предлагается приступить к машинному сбору при раскрытии коробочек до 85-90%, а не при 55-60% как при традиционной технологии уборки [5,6].

Ниже рассмотрены основные факторы, снижающие извлекающую и наматывающую способность механических шпинделей. Схематично процесс наматывания дольки хлопка на шпиндель можно представить следующим образом [1]. Пусть конец В растянутой нити АВ (рис.1.) начальной длины L_0 закреплен на круге радиусом r . Другой конец закреплен в неподвижной точке А. Круг вращается по часовой стрелке, с угловой скоростью ω , перемещается равномерно и прямолинейно со скоростью $v > r\omega$. Как видно из рис.1 длина нити вначале уменьшается до некоторого минимального значения, затем увеличивается. Когда длина нити станет равной L_0 (после поворота круга на угол ωt_1 и перемещения его на расстояние vt_2) начнется наматывание, в дальнейшем, при повороте круга на угол $\omega t_2 > \omega t_1$ волокно растягивается и его длина увеличивается. Усилие натяжения части нити дольки, не лежащей на круге равно:

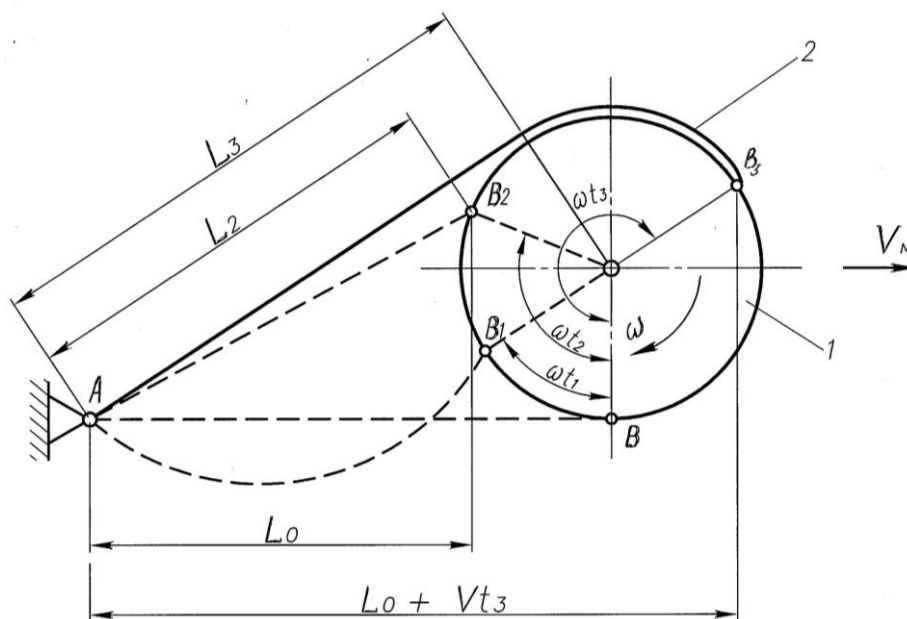


Рис.1. Процесс наматывания нити на вращающийся и движущийся круг:
1- круг; 2- нить.

$$T_1 = T_2 e^{f\alpha}, \quad (1)$$

где T_2 – сила связи нити с кругом; f – коэффициент трения ленты 2 по кругу; α – угол обхвата круга нитью дольки хлопка.

Сила T_2 вначале возрастает быстрее, затем медленно стабилизируется. Сила же T_1 возрастает более резко. Извлечение дольки из створок происходит, когда сила T_1 становится достаточной для преодоления силы связи дольки со створками коробочки. Со снижением силы T_2 и уменьшением угла обхвата α центробежная сила ΔR , преобладавая над силой T_1 , приводит к снижению эффекта “выкалывания” зубцов о волокно дольки и излекаемой способности механических шпинделей. Промежуток времени до от начала наматывания будет равне:

$$t_1 = \{\arctg[r/L_0 + \vartheta t_1] + \arctg(r/L_0)\}/\omega. \quad (2)$$

В дальнейшем, при повороте круга на угол $\omega t_2 > \omega t_1$ для точки B_3 длина нити равна: $L = L_1 + L_2 + L_3$. В силу биологических свойств кустов хлопчатника сила связи дольки с раскрытой коробочкой убывает, особенно на нижних ярусах кустов хлопчатника. Это ведет к снижению силы T_1 и T_2 . Шпиндели, установленные по периферии барабана работают в сложных условиях. Как видно из рис.2 на захватываемую дольку действует не только силы T и $T+dT$, но и центробежная сила dR и сила трения dF .

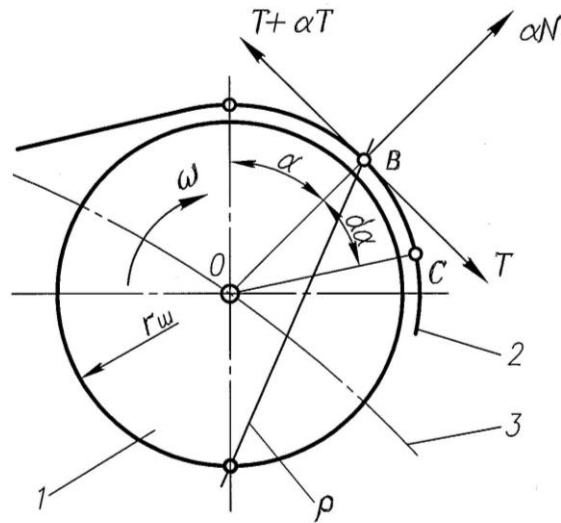


Рис.2. Силы, действующие на хлопковую нить
1-круг шпинделя;2-элемент нити (дольки);3- ось шпиндельного барабана

Сила, $T_0 \approx 0,65H$, улительность процесса извлечения одной дольки t_0 , начиная с момента зацепления ее зубьями шпинделя равна 0,05 – 0,07 с., угол поворота шпиндельного барабана составляет 25 – 45°. Процесс наматывания хлопка на шпиндель требует около 0,022 -0,047 с.[1].

При достаточной силе связи дольки со створкой $T_{ст}$, усилие, развиваемое на концах нити, будет равно (при $\alpha = 2\pi$ и $A = m_0 r^2 \omega^2 = m_0 v^2$, где m_0 – масса дольки):

$$T = T_0 e^{\alpha f} - 2A(e^{\alpha f} - 1). \quad (3)$$

Как только сила связи дольки со створкой $T_{ст}$ уменьшается, долька теряет свое равновесие, усилие натяжения концов нити T_1 и T_2 минимально и центробежная сила dR шпинделя приводит к самосбросу долек со шпинделя, увеличивая долю подбора опавшего на землю хлопка. Это процесс характерен не только вертикальным, но и горизонтальным шпинделям.

Из анализа формул (1),(2) и (3) видно, что по мере уменьшения силы связи дольки со створкой и увеличения толщины загрязнений на поверхности круга, долька теряет равновесие, сила трения дольки лежащей на поверхности шпинделя значительно снижается, это приводит к ухудшению стабильности процесса извлечения или наматывания дольки, на шпиндель, повышается вероятность процесса самосброса долек со шпинделя. На сегодняшний день ручная очистка шпинделей не обеспечивает непрерывной очистки шпинделей от прилипших загрязнений, снижая стабильность процесса извлечения и наматывания дольки хлопка на шпиндель.

С целью повышения производительности машинного сбора хлопка авторами предлагается приспособление для очистки шпинделей от прилипших зазеленений и компонентов грязи. Приспособление содержит аэровихревой кавиатор-увлажнитель, планку 9 с щеточными элементами 10, кронштейны 2 (рис. 3).

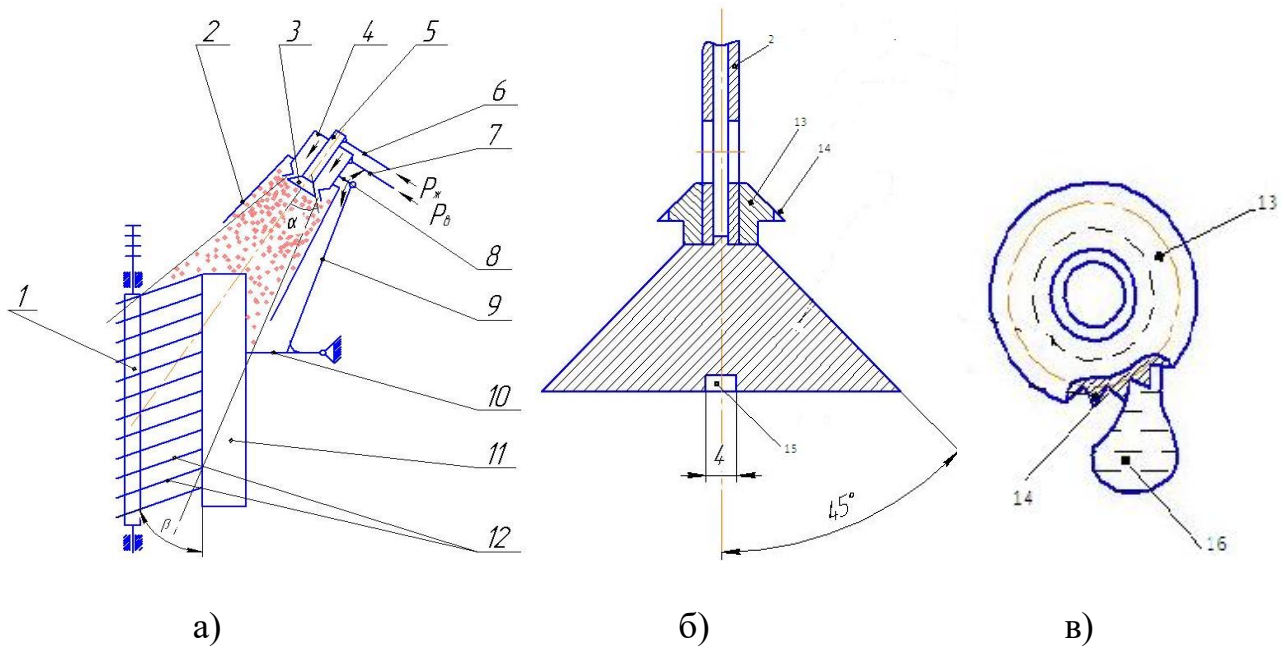


Рис.3. Схема приспособления для гидромеханической очистки шпинделей: 1- вертикальный шпindel; 2-направитель каплесодержащего потока; 3-расширитель потока, 4-аэровихревой кавиатор – увлажнитель; 5-центральная перфорированная трубка; 6,7-жидкостновоздушная коммуникация, 8,9,10-кронштейны; 11-планка; 12-щеточные элементы; 13- турбулизатор; 14-зубец; 15-регулируемый паз; 16-одиночная капля; α -угол раскрытия расширителя потока; β -угол наклона ворса щеточного элемента; а-схема установки устройства для гидромеханической очистки относительно шпинделя, б-схема установки турбулизатора на центральную трубку, в-горизонтальная проекция турбулизатора.

При работе хлопкоуборочной машины малая порция увлажняющей жидкости, стекая вниз на кончиках зубцов 14 (рис.3,б,в) турбулизатора 13 формирует крупные одиночные капли. Аэровихревой поток, создаваемый в вихревой камере кавиатора 4 (рис.3,2) из одиночных капель 16 срывающихся с острия зубцов 14 турбулизатора 13 создает рой высокодисперсных капель, которые, направляясь в зону щеточного элемента 12, обеспечивают интенсивную очистку шпинделей 1 от прилипших компонентов грязи.

Все это создает оптимальные условия для повышения функциональной надежности и производительности машинного сбора хлопка-сырца.

Выводы:

1. Слабоудерживаемые хлопковые дольки на поверхности створок раскрытых коробочек вызывают процесс самосброса долек хлопка-сырца и снижают стабильность процесса извлечения и наматывания долек на поверхность механических шпинделей.

2. Зазеленённые и прилипшие грязевые компоненты приводят к снижению эффективности процесса извлечения и наматывания долек на шпindel.

3. Предлагаемое приспособление для гидромеханической очистки шпинделей обеспечит повышение производительности машинного сбора за счет непрерывной гидромеханической очистки шпинделей хлопкоуборочных машин.

Список литературы:

1. Сабликов, М.В. Хлопкоуборочные машины. – М.: Агропромиздат. 1985. с. 32-33.
2. Аширбеков, И.А., Тошболтаев М.Р., Джиянов М.: Пневмодинамик пахта териш машинасининг технологик иш жараёни. Ж.: Агроилм, 2(22).-с.65.
3. Аширбеков, И.А. Хлопкоуборочный аппарат. Патент РУз. FAP 20090043 от 13.12.2011г.
4. Аширбеков, И.А. Локал церкуляцион эффектдан фойдаланишнинг техник самарадорлиги. Ж: Агроилм, 3(31) сон, 2014. – с. 62-64.
5. Глущенко, А.Д. Динамика и оптимизация хлопкоуборочного аппарата многократной обработки растений хлопчатника. –Ташкент: Фан. 1990. с.80.
6. Шаумарова, М., Абдиллаев Т.: Қишлоқ хўжалиги машиналари. – Ташкент: Меҳнат, 2000. – с. 80.

СХЕМА ЗАТЕКАНИЯ МЕТАЛЛА В КОМПЕНСАЦИОННУЮ ПОЛОСТЬ ЗАКРЫТОГО РОЛИКОВОГО КАЛИБРА

Е.М. Басова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

Аннотация. Представлена схема затекания металла в компенсационную полость, а также виды компенсационных полостей с геометрическими размерами.

Ключевые слова: *компенсационная полость, заполняемость, технологические валики.*

DIAGRAM OF METAL FLOWS INTO COMPENSATION CAVITY OF CLOSED ROLLER CALIBER

E. M. Basova

Altai State Technical University. I.I. Polzunova

Abstract. The scheme of metal flowing into the compensation cavity, as well as types of compensation cavities with geometrical dimensions are presented.

Keywords: *compensation cavity, occupancy, process rollers.*

С целью повышения качества сортового профиля в работе [1] предложена технология многоступенчатого деформирования сортового профиля в закрытых роликовых калибрах с последующим чистовым формированием готового профиля в монолитной волоке.

В процессе формирования на поверхности полуфабриката формируют не менее трех параллельных его продольной оси равновеликих валика, высотой, не превышающей его среднюю ширину, путем выдавливания металла в

клиновидные компенсационные полости закрытых роликовых калибров между участками контактных поверхностей смежных роликов, прилегающих к контуру калибра, с разворотом калибров в каждом последующем проходе в плоскости, перпендикулярной оси волочения, на половину угла между соседними компенсационными полостями относительно их положения в предыдущем калибре [1].

Компенсационное устройство закрытого калибра должно обеспечить четкое заполнение полости калибра и своевременное удаление избыточного металла в компенсационную полость в виде равновеликих валиков [1], что исключает образование заусенцев на поверхности формируемого полуфабриката.

Большое влияние на сопротивление деформации металла при затекании его в компенсационную полость оказывает ее форма и размеры [2]. Наибольшее сопротивление деформации возникает при клиновидной форме сечения полости (рис.1).

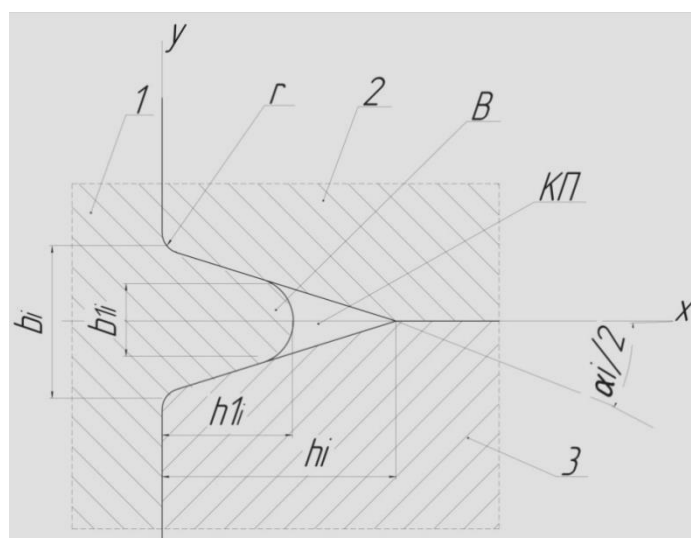


Рис.1. Схема затекания металла в компенсационную полость закрытого калибра роликовой волоки: 1 – формируемый профиль; 2 и 3 – ролики; В – валик; КП – компенсационная полость

Для определения объема металла формируемых на поверхности полуфабриката равновеликих валиков можно воспользоваться рекомендацией величины объема избытка металла, вытекаемого в компенсационную полость при закрытой штамповке [2]. Применительно к площади сечений имеем:

$$S_{pi} = (0,01 \div 0,05)S_i, \quad (1)$$

где S_{pi} – рекомендуемая площадь сечения избыточного объема металла, вытекающего в компенсационные полости i – го калибра, мм^2 .

Приняв среднее значение S_{pi} , с учетом угара $(0,01S_i)$ металла, износа калибра $(0,01S_i)$, упругой деформации элементов волоки и стенок калибра $(0,01S_i)$ получают расчетное значение суммарного сечения смещаемого в

компенсационные полости (f_{bi}) объема металла для формирования валиков при i -ой вытяжке:

$$f_{bi} = 0,06S_{ni}. \quad (2)$$

Тогда, с учетом значения S_{ni} поперечное сечение всего смещаемого при i -ой вытяжке объема металла в осевом и радиальном направлениях (S_{cmi}) будет равно:

$$S_{cmi} = S_{ni} + f_{bi} = 1,06 \frac{\pi d_i^2}{4\lambda} (\lambda - 1). \quad (3)$$

Полагая площадь сечения (B) объема металла в компенсационной полости (КП) близкой по форме трапеции высотой h_{1i} и основаниями b_i и b_{1i} , пренебрегая радиусом закругления r у основания КП, получим:

$$f_{bi} = (b_i + b_{1i}) \cdot h_{1i} \cdot n/2, \quad (4)$$

где n – количество равновеликих валиков, формируемых на поверхности i -го полуфабриката.

Площадь поперечного сечения компенсационной полости (f_{ki}) определяют из соотношения [2]:

$$f_{ki} = f_{bi}/(n \cdot q), \quad (5)$$

где $q=(0,7 \div 0,8)$ – коэффициент заполнения КП.

Для расчета размеров КП воспользуемся соотношением [3]:

$$0,5 < l/h < 1, \quad (6)$$

рекомендуемым при продольной протяжке полосы. Здесь l – подача, мм;

h – высота деформируемого элемента полосы в направлении действия усилия, мм.

Применительно к обжатию полуфабриката во втором и последующих проходах при деформировании валиков можно принять (см. рис.1):

$$\frac{b_i + b_{1i}}{2h_{1i}} = 0,6, \quad (7)$$

что гарантирует продольную устойчивость валиков.

Из рис.1 с учетом заполняемости КП имеем:

$$\frac{(b_i + b_{1i})h_{1i}}{2} = \frac{b_i \cdot h_i \cdot q}{n} = \frac{f_b}{n}, \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{b_i}{2n_i} = \frac{b_i - b_{1i}}{2h_{1i}}. \quad (9)$$

Из соотношений (5) – (7) получаем:

$$b_i = \sqrt{f_{bi}/(0,6 \cdot n)} \cdot (0,6 + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}). \quad (10)$$

Из условий (8) – (10) находим примерный угол конусности КП равный $\alpha=32^\circ$. Тогда

$$h_i = b_i/2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (11)$$

Для обеспечения заполняемости закрытого калибра необходимо соблюсти условие [2]:

$$\sigma_{кп} > \sigma_{зк}, \quad (12)$$

где $\sigma_{кп}$ и $\sigma_{зк}$ – соответственно сопротивление деформации при затекании металла в компенсационную полость и в полости закрытого калибра.

Для определения $\sigma_{кп}$ можно использовать формулу, полученную Е.П. Унксовым для расчета напряжения при заполнении металлом полости ребра конического сечения строительной панели:

$$\sigma_{кп} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_{bt} \left(1 + \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \ln \frac{b_i}{b_{1i}}\right), \quad (13)$$

где σ_{bt} - предел прочности металла формируемого сортового профиля при температуре деформации, МПа.

Сопротивление деформации металла в закрытом калибре определяют по зависимости [4]:

$$\sigma_{зк} = f(\sigma_{bt}, \varepsilon, \xi). \quad (14)$$

На рисунке 2 представлены виды компенсационных полостей. На основании полученных экспериментальных данных можно сказать, что заполняемость КП (q) при угле КП (α) равном 42° наиболее оптимальна [5].

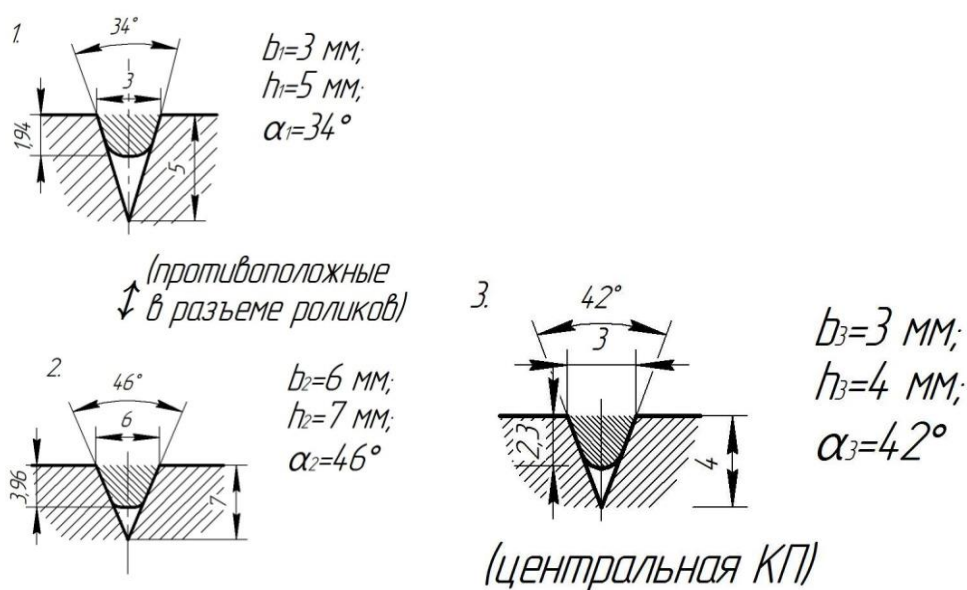


Рис.2. Схема форм компенсационных полостей

Результаты обмера образцов представлены в таблице 1 [5].

Таблица 1

Результаты обмера образцов

Тип КП	Площадь сечения КП, $S_{кп}$, мм ²	Глубина затекания, δ_{max}	Площадь затекания, S_{δ} , мм ²	Соотношение $S_{\delta}/S_{кп}$	
1	7,50	1,94	4,37	0,58	$\eta=0,58$ $\lambda=1,1$ $q=0,6$ $u=0,06$
2	21,0	3,96	17,46	0,83	$\eta=0,83$ $\lambda=1,1$ $q=0,86$ $u=0,06$
3	6,0	2,30	4,50	0,75	$\eta=0,75$ $\lambda=1,1$ $q=0,75$ $u=0,03$

Выводы

1. Разработана принципиально новая система предчистового формообразования сортовых профилей в закрытых роликовых калибрах, которая предусматривает устройство в калибрах компенсационных клиновидных полостей для удаления избыточного металла с формированием из него технологических валиков.
2. Сформулировано условие для оптимальной заполняемости компенсационной полости.
3. Определены геометрические параметры КП для оптимальной заполняемости КП металлом.

Список литературы

1. Патент РФ № 2582839. Способ формирования сортового профиля в закрытых калибрах. Поксеваткин М.И., Басова Е.М., Герман С.В. Оpubл. 27.04.2016. Бюл. № 12.
2. Поксеваткин, М.И. Оптимизационные системы процессов малоотходной горячей штамповки/ М.И. Поксеваткин. – Барнаул: Изд. АлтГТУ.2014. – 143 с.
3. Титов, Ю.А. Свободная ковка. Основные операции и технологии: учебное пособие/ Ю.А. Титов, А.Ю. Титов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011.- 73.с.
4. Поксеваткин, М.И., Басова, Е.М., Герман, С.В., Иванайская, Е.А., Иванайский, А.А. Повышение эффективности процесса формирования сортовых профилей в предчистовых роликовых волоках. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2017. - № 7. С. 314-318.
5. Басова, Е.М., Поксеваткин, М.И., Герман, С.В., Негодяев, А.З., Бакланов, Д.И. Влияние геометрии компенсационных полостей на формирование сортового профиля в закрытых калибрах [Электронный ресурс]/ Е.М. Басова, М.И. Поксеваткин, С.В. Герман, А.З. Негодяев, Д.И. Бакланов//«Горизонты образования», научно-образовательный журнал АлтГТУ выпуск 20. г .Барнаул, АлтГТУ, 2018. Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/mtio_2018.pdf

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ АГРЕГАТОВ ДЛЯ УХОДА ЗА ВЫСОКОСТЕБЕЛЬНЫМИ ЯГОДНЫМИ КУЛЬТУРАМИ И САДОВЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ

В.Н. Блохин, А.М. Случевский, А.М. Гринь, В.П. Молчанов, Н.С. Прудников
Брянский государственный аграрный университет

Аннотация. Рассмотрены конструктивные особенности фрез с вертикальной осью вращения, позволяющие снизить энергоемкость процесса почвообработки в междурядьях и прикустовых зонах садовых насаждений, обеспечить качественный уход без повреждения корневой системы растений.

Ключевые слова: *почвообработка, фреза с вертикальной и крутонаклонной осями вращения, прикустовая зона, приствольная полоса, энергоемкость, качественный уход.*

JUSTIFICATION OF STRUCTURES OF UNITS FOR CARE OF HIGH-SUITABLE BERRY CULTURES AND GARDEN PLANTS

V.N. Blokhin, A.M. Sluchevsky, A.M. Grin, V.P. Molchanov, N.S. Prudnikov

Bryansk State Agrarian University

Abstract. The design features of the cutters with a vertical axis of rotation are considered, which make it possible to reduce the energy intensity of the tillage process in the aisles and bite zones of garden plantations, to ensure quality care without damaging the root system of plants.

Keywords: *tillage, mill with vertical and steeply inclined axes of rotation, bite zone, stalk strip, energy intensity, high-quality care.*

В средней полосе России многолетние ягодные кустарники (смородина, малина, крыжовник), виноградники и садовые насаждения высаживаются рядами с шириной междурядий от 1.8 до 6 метров. В связи с этим, конструктивные параметры агрегатов по уходу за этими насаждениями должны отвечать агротехническим требованиям по уходу за высокостебельными ягодными культурами и садовыми насаждениями.

Обработка междурядий и защитных зон плантаций высокостебельных культур является важным технологическим приемом, целью которого является рыхление почвы, уничтожение сорняков, вырезание побегов [1].

Известны конструктивные схемы машин для уничтожения сорной растительности в междурядьях, защитных зонах и рядах высокостебельных ягодных культур. Например, опрыскиватель с универсальной штангой [2] может быть адаптирован к ширине междурядий и высоте растений, машины [3] и [4] и гаситель угловых колебаний [5] обеспечивают равномерность внесения пестицидов при движении по неровностям рельефа. Обоснован оптимальный для внесения гербицидов в ряды малины тип распылителя [6].

Однако, применение химического способа снижает экологичность технологии ухода за растениями и не обеспечивает оптимальную структуру верхнего слоя почвы. В связи с этим, нами разрабатываются агротехнические методы ухода за плантациями, включающие поверхностную обработку почвы.

Поверхностная обработка почвы способствует улучшению водно-воздушного и теплового режимов, которые уменьшают испарение влаги из почвы, способствуют достаточной водопроницаемости, аэрации и прогреву корнеобитаемых почвенных горизонтов [7]. Взрыхленная почва по своему строению должна иметь мелкокомковатый фракционный состав с малым количеством пылевидных частиц и сорняков. Известно, что растущие в рядах ягодных культур сорняки поглощают питательные вещества и воду, и, при определенных условиях, могут стать рассадником вредителей и болезней [8].

Основным способом содержания почвы в междурядьях является черный пар. Его поддерживают путем систематических культиваций почвы лапчатыми культиваторами, дисковыми боронами и фрезами на глубину 10-12 см. Чаще всего проведение междурядной обработки вызвано необходимостью борьбы с сорняками. Применение гербицидов не способствует подавлению сорняков с глубокой корневой системой. Особенно злостными сорняками является пырей

ползучий, осот, вьюнок заборный (крупноцветный) и полевой, корневая система которого проникает на глубину 60 – 120 см.

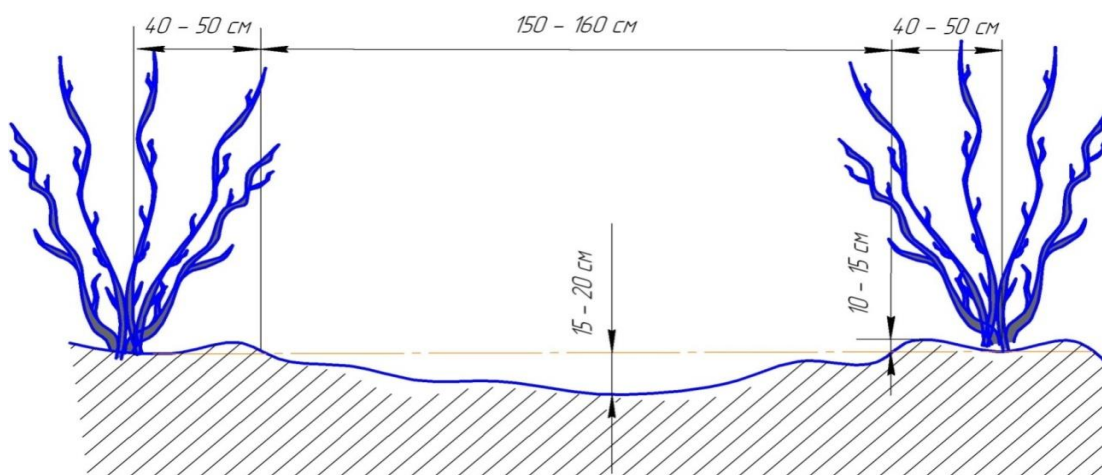


Рис. 5. Поверхность междурядья смородины, образовавшаяся на 4-5 год после посадки в результате обработки дисковыми боронами

При поверхностной обработке почвы нельзя оставлять необработанными широкие защитные полосы земли вдоль ряда, так как плантация по существу превращается в малоурожайные заросли, труднодоступные для сбора ягод комбайнами и в сильной степени пораженные болезнями и вредителями.

Для обработки почвы в рядах и междурядьях для борьбы с сорняками во многих хозяйствах продолжают применять культивацию, мотыжение и перекопку. В большинстве случаев частые глубокие культивации, а тем более вспашка не решает проблему, к тому же причиняя вред растениям, лишая их на 70% корневой системы, причем самой активной. Применение дисковых борон позволяет сохранить корни в междурядьях, но после 2-3 летнего дискования посадки оказываются на гребнях (рис. 1).

Ученые, работающие в области механизации садоводства, пришли к выводу, что для обработки почвы в междурядьях ягодных культур и садовых насаждений лучше использовать пропашные горизонтальные фрезы типа ФПШ-200, ФА-0,76.

Но у них есть ряд существенных недостатков: высокая энергоемкость и низкая производительность. Кроме того, они требуют повышенной защитной зоны у ряда многолетних растений для предотвращения повреждения растений элементами рамы и привода. К тому же большая частота вращения барабана фрезы приводит к чрезмерному измельчению и даже распылению почвы, оставляя при этом в прикорневой зоне растений канавы, оголяющие корневую систему растений (рис. 2).

Все применяемые технические средства для обработки почвы в междурядьях высокостебельных культур (смородина, малина, крыжовник, виноград, шиповник) – плуги, культиваторы, дисковые бороны, фрезы с горизонтальной осью вращения не могут обеспечить обработку почвы в

прикустовой зоне и, соответственно, уничтожение сорняков, что сказывается на качественной работе ягодоуборочных комбайнов и опрыскивателей.



Рис. 2. Профиль поверхности междурядья карликовых садовых насаждений после обработки фрезами с горизонтальной осью вращения

Для улучшения процесса обработки почвы и уничтожения сорняков в кустовой зоне высокостебельных культур лучше применять фрезы с вертикальной или крутонаклонной осью вращения с односторонней обработкой ряда ягодных культур или садовых насаждений (рис.3).

Конструктивные особенности фрез с вертикальной (крутонаклонной) осью вращения и их рабочих органов позволяет близко подводить их к растениям ягодных культур, оставляя минимальную зону, а также менять угол установки ножей к горизонту с целью уменьшения повреждения корней.

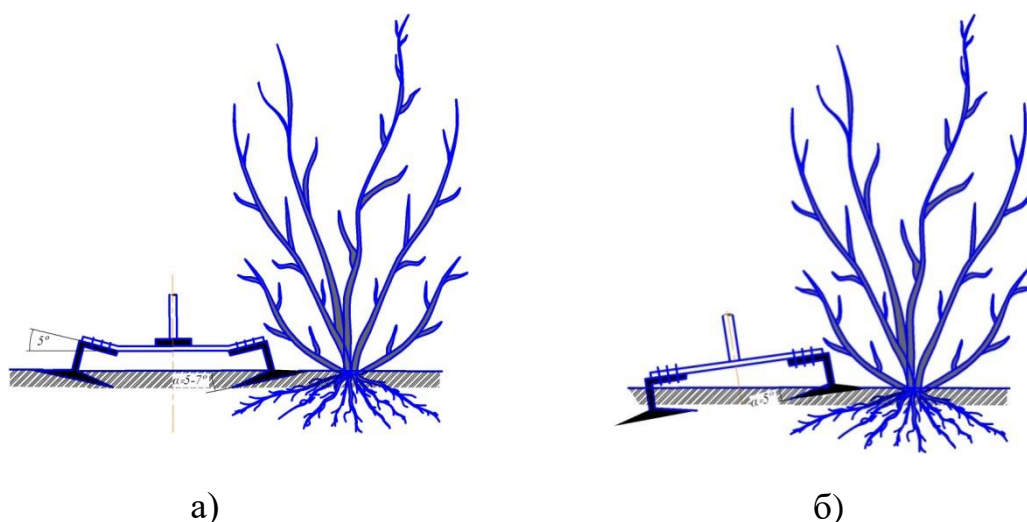


Рис. 3. а) Обработка прикустовой зоны растения фрезой с вертикальной осью вращения; б) обработка прикустовой зоны растения фрезой с крутонаклонной осью вращения

Важным моментом в процессе обработки прикустовой и кустовой зоне ягодных культур рабочими органами является: контроль выполнения таких операций, как глубина обработки почвы и копирование поверхности залегания корневой системы; затраты энергии на обработку почвы. Если в междурядье

глубина обработки почвы может быть 15 – 18 см, то в прикустовой 1-3 см. Сложность выполнения такой операции заключается в том, что глубина залегания корней ягодных культур непостоянна. С увеличением расстояния от стеблей растений увеличивается и глубина залегания корней. Качественно обработать поверхность почвы в прикустовой зоне на заданную глубину, не нарушая корневую систему, обычными средствами механизации (плуги, диски, культиваторы, фрезы с горизонтальной осью вращения) практически невозможно. Элементы рамы этих машин выходят за пределы рабочих органов, что ведет при обработке ряда ягодных культур к необоснованному увеличению защитной зоны растений.

У фрезы с крутонаклонной осью вращения ножи находятся на разной глубине, вызывая изгибающий момент сил сопротивления ротора, который вызывает неравномерность хода агрегата, а также дополнительную нагрузку на подшипники ротора, что приводит к преждевременному износу [9, 10].

Исключить опрокидывающий момент сил и, как следствие, уменьшить энергозатраты на обработку почвы можно за счет изменения конструкции роторов фрез с вертикальной осью вращения [11, 12].

Ротор фрезы (рис. 4) с вертикальной осью вращения состоит из рабочих активных органов 1, вертикальной оси 2, опорной тарелки 3, фланца 4.

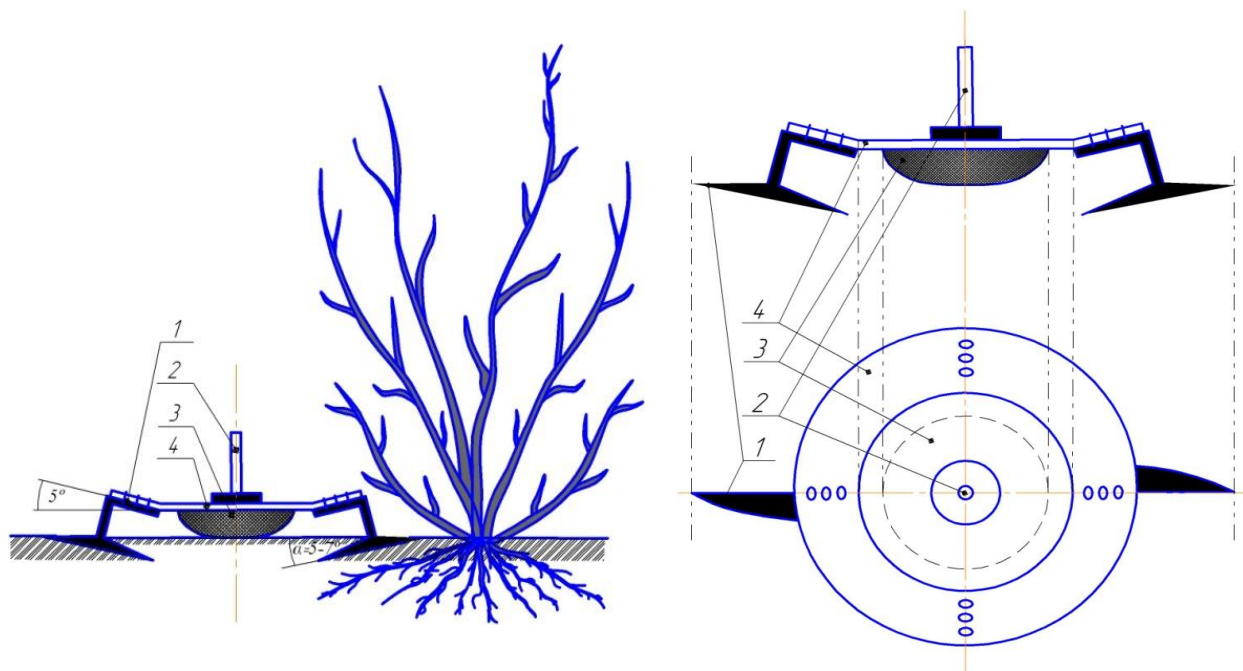


Рис.4. Ротор фрезы для ухода за прикустовой зоной на ягодниках

Фреза работает следующим образом. При поступательном движении агрегата ротор вместе с рабочими органами, совершая плоскопараллельное движение, входит на заданную глубину, которая определяется опорной тарелкой, измельчает почву, вырезает сорняки, качественно копируя корневую систему на угол $\alpha = 5...7^\circ$, не вызывая опрокидывающего момента благодаря тому, что все рабочие органы в динамике расположены на одинаковой глубине.

Ротор фрезы (рис. 5) с вертикальной осью вращения состоит из рабочих органов 1, вертикальной оси 2, фланца 3, держателя 4.

Перед работой производится установка рабочих органов на заданный угол α , который можно менять с помощью шайб, устанавливаемых между держателем и стойкой ножа. Работает аналогично фрезе (рис.4).

Конструкция фрез с вертикальной осью вращения (рис.4,5) позволяет осуществлять качественный уход в прикорневых зонах ягодниковых кустарников и приствольных полосах садовых насаждений и затрачивает при этом на обработку почвы меньше энергии по сравнению с фрезами, имеющих крутонаклонные оси вращения.

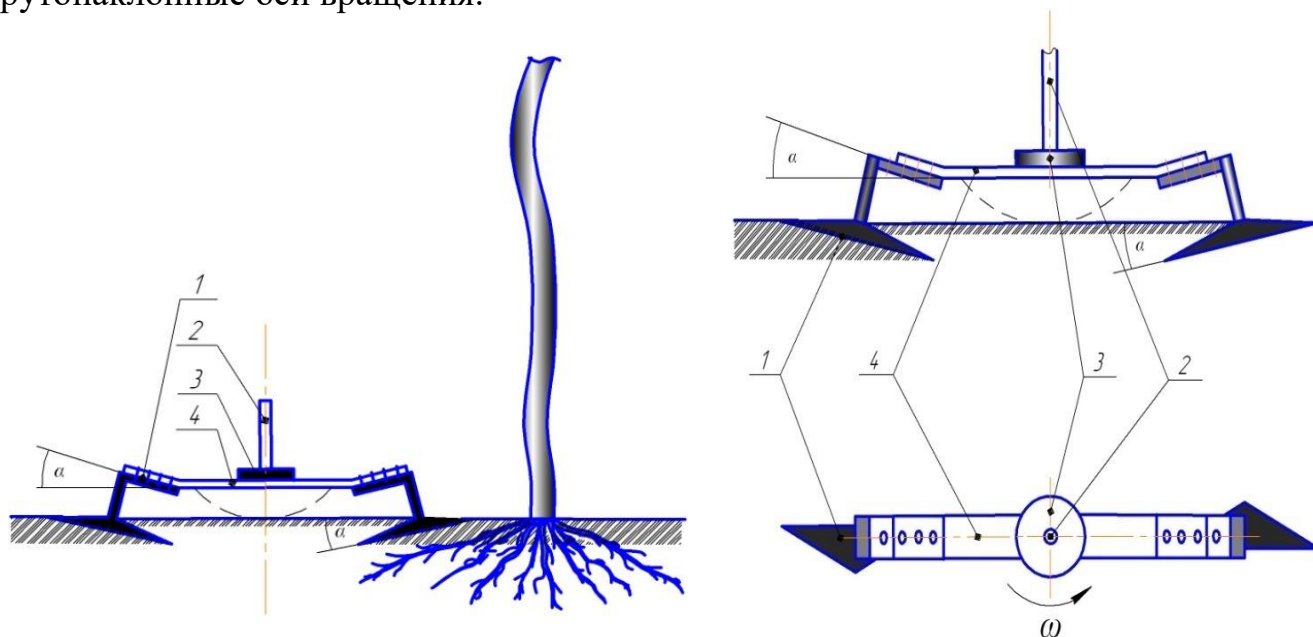


Рис.5. Ротор фрезы для обработки почвы в приствольных полосах

Список литературы

1. Блохин, В.Н. Исследование процесса и рабочего органа для ухода за междустовой зоной на ягодниках: дис. канд. техн. наук / В.Н. Блохин; Всероссийский научно-технологический институт садоводства и питомниководства. М., 1993.
2. Опрыскиватель: пат. 2403987 Рос. Федерация / В.Н. Ожерельев, В.В. Кузнецов, М.В. Ожерельева, Л.П. Кравцова; опубл. 27.04.2009.
3. Машина для борьбы с сорняками: пат. 69706 Рос. Федерация / Е.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, В.А. Ермичев, А.В. Кузнецов; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1.
4. Машина для борьбы с сорняками в защитной зоне: пат. 74763 Рос. Федерация / Е.В. Кузнецов, В.А. Ермичев, В.Н. Ожерельев, А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов; опубл. 20.07.2008, Бюл. № 20.
5. Гаситель угловых колебаний: пат. 70951 Рос. Федерация / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, В.Н. Ожерельев, Е.В. Кузнецов; опубл. 20.02.2008, Бюл. № 5.

6. Кузнецов, В.В. Обоснование рационального типа распылителя для внесения гербицидов в ряды малины. / В.В. Кузнецов, Е.В. Кузнецов, А.В. Кузнецов. // Вестник ФГБОУ ВПО Брянского ГСХА. №6. 2011. С. 68-70.
7. Глебова, Е.И. Ягодный сад / Е.И. Глебова, В.В. Даньков, М.М. Скрипченко. Л.: Лениздат, 1990. 207 с.
8. Соломатин, А.А. Борьба с сорной растительностью в насаждениях смородины черной: сб. науч. тр. ВНИИС им. Мичурина / А.А. Соломатин, Т. Г. Алиев. Мичуринск, 2007. С. 290-293.
9. Блохин, В.Н. К вопросу о преимуществе фрез с вертикальной осью вращения над фрезами с крутонаклонной осью вращения / В.Н. Блохин, А.М. Случевский // Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности: материалы международной научно-практической конференции. Смоленск, 2017. С. 655-658.
10. Блохин, В. Н. Фреза садовая с вертикальной или крутонаклонной осью вращения / В.Н. Блохин, А.М. Случевский // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XIII международной научно-практической конференции. В 2 кн. Барнаул: ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», 2018. С. 152-154.
11. Фреза с вертикальной осью вращения: пат. 173801 Рос. Федерация / В.Н. Блохин, А.М. Случевский, С.И. Роганков, Н.М. Кувшинов, А.Ф. Ковалев, Н.А. Лаптева; опубл. 19.01.2017, Бюл. № 26.
12. Почвообрабатывающая фреза с вертикальной осью вращения: пат. 179945 Рос. Федерация / В.Н. Блохин, А.М. Случевский, С.И. Роганков, Н.М. Кувшинов, А.Ф. Ковалев, Н.А. Лаптева; опубл. 29.05.2018, Бюл. № 16.

УДК 631.363.258/638.178 2

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В СУШИ ПЧЕЛИНЫХ СОТОВ

Д.Н. Бышов

Рязанский государственный агротехнологический университет

Аннотация. В статье описана методика и приведены результаты многофакторного исследования по определению влияния температуры и влажности перги на величину статического коэффициента трения перговых гранул по стали с целью выявления наиболее рациональных условий проведения механизированных операций технологии очистки суши пчелиных сотов от загрязнений перед перетопкой.

Ключевые слова: *восковое сырье, перга, очистка, температура, влажность, коэффициент трения.*

RESEARCH OF STATIC COEFFICIENT OF FRICTION OF THE POLLUTION WHICH ARE CONTAINED IN BEE HONEYCOMBS

D.N. Byshov

Ryazan State Agrotechnological University

Abstract. The article describes the method and presents the results of a multivariate study to determine the effect of temperature and humidity of beebread on the value of the static coefficient

of friction of beebread on steel in order to identify the most rational conditions for conducting mechanized operations of the technology of bee honeycombs cleaning from contamination before reheating.

Keywords: wax raw materials, bee bread, cleaning, temperature, humidity, friction coefficient.

В процессе перетопки с целью получения воска сушь пчелиных сотов подвергается различным технологическим воздействиям. Поэтому необходимо провести исследования влияния физико-механических свойств основного загрязнителя суши сотов – перги на различные технологические факторы с целью оптимизации условий проведения механизированных операций предлагаемой технологии очистки суши пчелиных сотов от загрязнений перед перетопкой [1, 2, 3, 4, 5].

По мнению многих авторов [1, 3, 5, 6, 7, 8, 9] наиболее существенное влияние на физико-механические свойства перги оказывает температура T , °С и влажность W , %. В связи с этим было решено произвести двухфакторный эксперимент, устанавливающий влияния обозначенных выше факторов на функцию отклика – статический коэффициент трения F перговых гранул по стали.

Диапазоны варьирования факторов выявляли в ходе поисковых экспериментов. Для реализации опытов из каталогов планов был выбран симметричный композиционный рототабельный трехуровневый план Бокса-Бенкина второго порядка. Уровни и интервалы варьирования факторами приведены в таблице 1. Для устранения влияния случайных ошибок, связанных с неоднородностью материала и другими неучтенными факторами, была проведена рандомизация опытов по ГОСТ 11.003-71.

Таблица 1

Факторы и уровни их варьирования

Уровень и интервал варьирования	Факторы	
	Температура перги, Т° С	Относительная влажность перги, W%
Верхний уровень(+1)	20	22
Основной уровень (0)	10	18
Нижний уровень (-1)	0	14
Интервал варьирования	10	4

При проведении исследования учитывались определенные требования к факторам: управляемость, однородность, их совместимость и отсутствие корреляций между ними.

Априорная информация [10, 11, 12, 13, 14, 15] показывает, что в качестве функции, аппроксимирующей экспериментальные данные по изучению совместного влияния перечисленных выше факторов на критерий оптимизации, достаточно применение полинома вида:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_1 \cdot x_2 + b_4 \cdot x_1^2 + b_5 \cdot x_2^2 \quad (1)$$

где y – значение функции отклика (коэффициента трения);

b_0, b_1, b_2, b_3 – оценки коэффициентов модели;

x_i – факторы.

Поскольку вид модели известен, то эксперимент проводили с целью получения оценок коэффициентов полинома, расчет которых производили методом наименьших квадратов.

Определение коэффициента трения осуществлялось по стандартной методике, а именно по тангенсу угла наклона плоскости, на которой находится исследуемый материал.

Получена математическая модель, описывающая исследуемый процесс:

$$F = 1,793452 - 0,009024 \cdot T - 0,1275 \cdot W + 0,003661 \cdot W^2 \quad (2)$$

Графическое изображение полученной зависимости коэффициента трения перговых гранул по стали от основных технологических факторов – влажности (W) и температуры (T) – показано на рисунке 1.

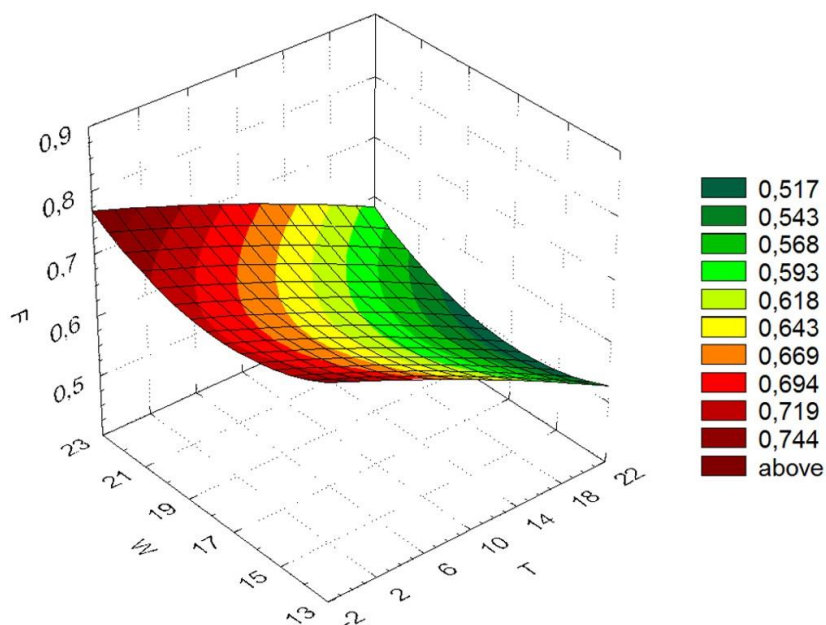


Рисунок 1–Зависимость статического коэффициента трения перговых гранул по стали от влажности и температуры

Статистический анализ этого уравнения, включающий проверку воспроизводимости эксперимента, определение значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента, оценку адекватности полученной модели по критерию Фишера, показал, что она достаточно точно описывает зависимость коэффициента трения от указанных факторов с вероятностью 92,8 %.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что модель адекватно описывает исследуемое свойство и, следовательно, пригодна для практического использования.

Значение коэффициентов математической модели дает возможность оценить степень влияния факторов на величину коэффициента трения. Больше влияние на статический коэффициент трения перговых гранул по стали оказывает влажность, в то время как температура влияет значительно меньше.

Тем не менее, при механизированной технологии очистки воскового сырья необходимо учитывать и температуру.

При подстановке в данное уравнение натуральных значений факторов на уровне, соответствующем любой строке матрицы планирования, расчетная величина коэффициента трения соответствует экспериментальной в пределах ошибки опыта. Полученная математическая модель позволяет рассчитать величину коэффициента трения перговых гранул в пределах исследуемого факторного пространства.

Список литературы

1. Бышов, Д.Н. Исследование адгезионных свойств перги содержащийся в перговых сотах / Д. Н. Бышов, Д.Е. Каширин, А.В. Куприянов, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 7. – С. 174–178.
2. Бышов, Н.В. Исследование гигроскопических свойств перги [Текст] / Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин, М.Н. Харитоновна // Вестник КрасГАУ – 2013. – №2. – С.122-124.
3. Бышов, Н.В. Исследование процесса получения воска из воскового сырья различного качества [Текст] / Н. В. Бышов, Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, И.А. Успенский, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 145–149.
4. Каширин, Д.Е. Исследование некоторых прочностных характеристик восковой основы пчелиных сотов / Д.Е. Каширин, А.В. Куприянов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – №8. – С.199–202.
5. Каширин, Д.Е. К вопросу отделения перги из измельченной воскоперговой массы [Текст] / Д.Е. Каширин // Вестник КрасГАУ. – 2010. – №1. – С.138–139.
6. Бышов, Н.В. Вопросы теории механизированной технологии извлечения перги из перговых сотов. [Текст] / Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин // Монография. – Рязань: Изд-во РГАТУ – 2012. – 113 с.
7. Каширин, Д.Е. Энергосберегающие технологии извлечения перги из сотов специализированными средствами механизации: автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук: [Текст] / Д.Е. Каширин. – Саранск, 2013.
8. Каширин, Д.Е. Способ и устройство для извлечения перги [Текст] / Д.Е. Каширин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – №5. – С.34–36.
9. Каширин, Д.Е. Технология и устройство для измельчения перговых сотов: дис.. канд. техн. наук. [Текст] / Д.Е. Каширин. – Рязань, 2001. –182 с.
10. Бышов, Д.Н. Исследование рабочего процесса измельчителя перговых сотов [Текст] / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, Н.В. Ермаченков, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 8. – С. 155–159.
11. Бышов, Н.В. Исследование рабочего процесса вибрационного решета при просеивании воскоперговой массы / Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин // Вестник КрасГАУ – 2013. – №1. –
12. Бышов, Н.В. Исследование установки для извлечения перги из сотов [Текст] / Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – №2. – С. 31-32.

13. Бышов, Н.В. Обоснование параметров измельчителя перговых сотов [Текст] /Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – №1. – С. 29-30.

14. Каширин, Д.Е. Исследование рабочего процесса измельчителя перговых сотов [Текст] / Д.Е. Каширин // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – 2010. – №1 (40). – С.24–27.

15. Пат. № 93302 РФ. МПК В02С 13/02. Измельчитель перговых сотов [Текст] /Д.Е. Каширин. – Заявл. 26.01.2010; опубл. 27.04.2010, бюл. № 12.

УДК 631.363

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОСКОВОГО СЫРЬЯ

Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов

Рязанский государственный агротехнологический университет

Аннотация. В статье приводятся описание и результаты эксперимента по определению влияния относительной влажности перги на ее адгезионные (липкостные) свойства. Получено уравнение регрессии, адекватно аппроксимирующее экспериментальные данные. Результаты исследования могут быть использованы в технологии извлечения перги из перговых сотов, в частности при очистке воскового сырья от органических загрязнений.

Ключевые слова: *воск, восковое сырье, перга, адгезия, очистка.*

RESEARCH OF ADHESIVE PROPERTIES OF POLLUTION OF WAX RAW MATERIALS

D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov

Ryazan State Agrotechnological University

Abstract. The article provides a description and results of an experiment to determine the influence of the relative humidity of beef on its adhesion (stickiness) properties. A regression equation is obtained that adequately approximates the experimental data. The results of the study can be used in the technology of extraction of beebread from honeycombs, in particular when cleaning wax materials from organic pollutions.

Keywords: *wax, wax raw materials, bee bread, adhesion, cleaning.*

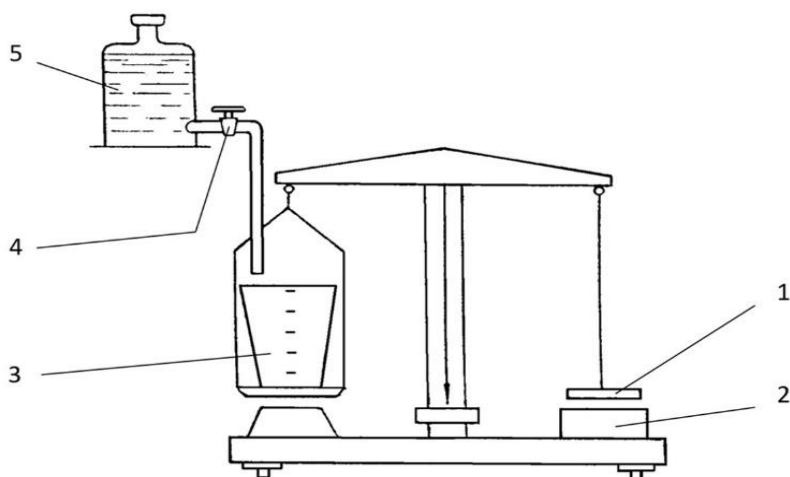
Известно, что пчелиная перга является основным загрязнителем воскового сырья. Наличие перги в нем приводит к большим потерям воска при тепловой переработке пчелиных сотов и значительно ухудшает качество получаемого вытопленного продукта [1, 2, 3, 4, 5]. Для решения обозначенной проблемы нами планируется проводить предварительную очистку воскового сырья от загрязнений, то есть отделять сушь сотов от перги до ее перетопки в воск [6, 7, 8, 9, 10]. Обосновать рациональные параметры разрабатываемой технологии представляется возможным, зная основные физико-механические свойства перги и воскового сырья.

Адгезией (липкостью) называют способность влажных материалов прилипать к соприкасающимся предметам. Величина липкости измеряется

усилием на единицу площади, которое необходимо приложить, чтобы оторвать от ее поверхности прилипший материал.

Известно, что на степень липкости материала в значительной мере влияет его влажность [11, 12, 13, 14]. Склонность невысушенной перги к прилипанию на рабочие поверхности машин и оборудования связана с высокой ее влажностью, которая может составлять более 20% [12, 14, 15]. Поэтому необходимо экспериментально определить, как меняется липкость перги в зависимости от влажности и при каком значении влажности перга перестанет прилипать к рабочим поверхностям. Можно предположить, что удобообрабатываемость перговых сотов наступит при такой влажности продукта, при которой показатель липкости будет равен или близок к нулевому значению.

Экспериментальные исследования по выявлению зависимости липкости перги от ее влажности проводились на основе известных методик [14, 15] с использованием прибора Н.А. Качинского для определения липкости почвы, который представляет собой видоизмененные технические весы (рис.1). Правая чашка их заменена стержнем с диском 1, а на левую чашку помещается колба 3 для воды. Стержень с диском и чашка с колбой уравновешены.



Условные обозначения: 1 – диск; 2 – металлическая чашка с пергой; 3 – колба; 4 – кран; 5 – емкость

Рисунок 1 – Схема прибора для определения адгезионных свойств перги

Испытания проводили следующим образом. Навеску перги массой около 0,2 кг тщательно растирали в фарфоровой ступке резиновым пестиком и увлажняли до тестообразной консистенции путем добавления небольшого количества воды и перемешивания до однородного по увлажнению состояния. Лабораторным методом согласно ГОСТ 31776-2012 определяли влажность приготовленного материала. Затем заполняли им металлическую чашку 2 прибора, поверхность выравнивали, срезая выступающую над чашкой часть перги, и прикладывали к ней диск 1. Для более полного соприкосновения диска с пергой на него помещали гирию массой 1 кг. Через минуту гирию снимали.

Открывали кран 4, и вода из емкости 5 с постоянной скоростью течения заполняла колбу 3 до момента отрыва диска от перги. Взвешиванием определяли массу воды в колбе. Далее пергу из чашки прибора перекладывали в фарфоровую ступку, перемешивали с оставшейся частью навески и снова в той же последовательности проводили испытания. После пяти испытаний пергу подсушивали на 1-2% и повторяли опыт при другом значении влажности также с пятикратной повторностью.

Фактором варьировали на 9 уровнях, изменяя влажность в пределах от 14 до 25%. Величину липкости для каждого значения влажности определяли по формуле:

$$L = P / F, \quad (1)$$

где L – липкость перги, кПа;

P – усилие отрыва диска, Н;

F – площадь диска, м².

В результате статистической обработки экспериментальных данных, проведенной с использованием программы Mathcad 14.0, получено уравнение регрессии (2), описывающее зависимость липкости перги от ее влажности.

$$L(W) = 4.447 \cdot 10^{-12} \cdot W^{8.495}, \quad R^2 = 0.939 \quad (2)$$

Полученная эмпирическая зависимость (2) и данные эксперимента представлены графически на рис. 2. Из приведенной зависимости видно, что при снижении влажности перги с 24,5% до 20% происходит резкое уменьшение показателя липкости, а при достижении ею влажности 14,5% значение этого показателя приближается к нулю, т.е. перга перестает прилипать к соприкасающимся с нею поверхностям.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать важный практический вывод: для переработки перговых сотов с целью удаления перги необходимо их высушивать до относительной влажности перги, равной 14-15 %.

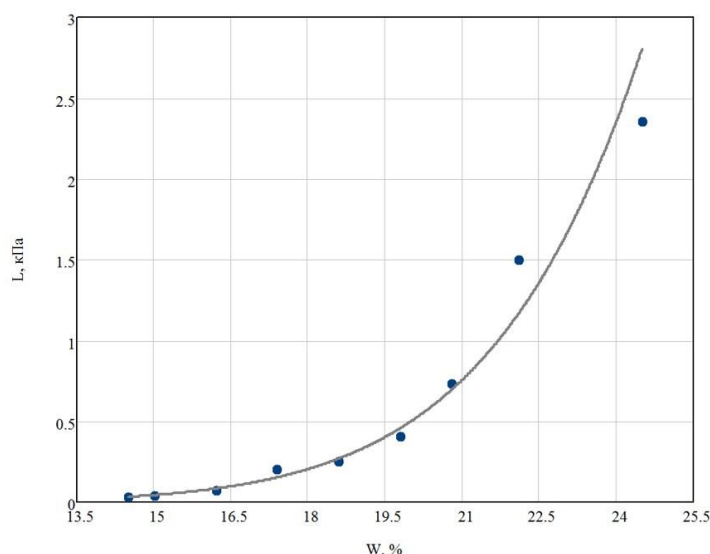


Рисунок 2 – Зависимость липкости перги L , кПа от ее относительной влажности W , %

Список литературы

1. Бышов, Н.В. Исследование процесса получения воска из воскового сырья различного качества / Н.В. Бышов и др. // Вестник КрасГАУ – 2015. – № 6. – С. 145-149.
2. Бышов, Д.Н. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике: Образование, наука, практика: инновационный аспект Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. ФГБОУ ВПО "Пензенская государственная сельскохозяйственная академия". – 2015. – С. 280-282.
3. Бышов, Д.Н. К вопросу механизированной очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике: Аграрная наука в инновационном развитии АПК Материалы международного молодежного аграрного форума. Сборник научных статей. Под редакцией В.А. Бабушкина. – 2018. – С. 49-55.
4. Бышов, Д.Н. Результаты многофакторного экспериментального исследования дисперсионных свойств перги / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 2 (125). – С. 115-121.
5. Бышов, Д.Н. Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – Спецвыпуск №2. – URL <http://e-journal.omgau.ru/index.php/spetsvypusk-2/31-spets02/439-00188>. - ISSN 2413-4066
6. Бышов, Д.Н. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / Д.Н. Бышов и др. // Вестник КрасГАУ. 2017. – № 12 (135). – С. 115-122.
7. Бышов, Д.Н. К вопросу механизации очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике: Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 45-48.
8. Бышов, Н.В. Исследование отделения перги от восковых частиц / Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 26-27.
9. Павлов, В.В. К вопросу очистки воскового сырья путем диспергирования загрязняющих компонентов / В.В. Павлов, Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин // В сборнике: Наука молодых – инновационному развитию АПК материалы X Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 226-233.
10. Бышов, Д.Н. Исследование адгезионных свойств перги, содержащейся в пчелиных сотах / Д.Н. Бышов и др. // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 7 (106). – С. 174-178.
11. Каширин, Д.Е. Энергосберегающие технологии извлечения перги из сотов специализированными средствами механизации: дис.. д-ра техн. наук. - Рязань, 2013. -474 с

12. Бышов, Д.Н. Исследование влияния влажности и температуры на прочностные свойства перги / Бышов Д.Н. и др. // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 1 (112). – С. 97-101.

13. Бышов, Д.Н. Исследование гранулометрического состава загрязненного воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. Институт механики и энергетики. – 2016. – С. 463-465.

14. Каширин, Д.Е. Исследование прочностных свойств пчелиных сотов / Д.Е. Каширин, А.В. Куприянов // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники материалы Международного научно-технического семинара имени В.В. Михайлова. – 2013. – С. 68-69.

15. Каширин, Д.Е. Технология и устройство для измельчения перговых сотов: дис.. канд. техн. наук. – Рязань, 2001. –182 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИННОВАЦИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ НОВОВВЕДЕНИЙ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Н.О. Вихрова

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
г. Москва*

Аннотация. На основании исследования аналитических и статистических материалов оценено текущее состояние и перспективы инновационного развития металлургической отрасли, проведен обзор инноваций и технических нововведений в черной металлургии.

Ключевые слова: *инвестиционные ресурсы, технологический уровень производства, доменное производство, электросталеплавильные технологии.*

ANALYTICAL REVIEW OF INNOVATION AND TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE STEEL INDUSTRY

N.O. Vichrova

National research technological University MISIS, city of Moscow

Abstract. on the basis of the research of analytical and statistical materials, the current state and prospects of innovative development of the metallurgical industry are estimated, the review of innovations and technical innovations in ferrous metallurgy is carried out.

Keywords: *investment resources, technological level of production, blast furnace production, electric steelmaking technologies.*

Несмотря на недавний кризис в мировой экономике, металлургическая промышленность России, как базовая отрасль, и сегодня сохраняет определенный инвестиционный потенциал, благодаря предыдущим крупным вложениям в ее развитие и активной поддержке правительства. Основным источником инвестиционных ресурсов металлургических компаний являются их собственные средства (80 % капиталовложений). Доля заёмных средств менее 20 %, из них на кредиты зарубежных банков - 3 - 4 % [1]. При этом

пытаясь повысить инвестиционную привлекательность предприятия, собственники вкладывают средства в основном в модернизацию технологических агрегатов, а предприятия испытывают недостаток средств на модернизацию вспомогательных и обслуживающих производств и создание необходимой инфраструктуры (железнодорожные пути, линии электропередач, автомобильные дороги) [3, 4].

Принятые против России санкции, ограничивающие доступ к зарубежным инвестициям и технологиям, заставляют более внимательно отнестись к проблеме импортозамещения и модернизации отечественного производства для обеспечения потребителей необходимой металлопродукцией и повышения энергоэффективности в рамках энергетической стратегии России [5].

Так, несмотря на свой преклонный возраст, доменный процесс, постоянно совершенствуется и сохраняет лидирующие позиции в области обеспечения сталеплавильного производства полупродуктом. Одной из современных тенденций совершенствования доменного процесса является увеличение количества вдуваемого пылеугольного топлива в дому на тонну чугуна, которое у ведущих производителей составляет 250 кг/т чугуна. В дальнейшем ожидается увеличить расход до 300 кг/т чугуна, что создаёт возможность использования доменной печи в качестве реактора для утилизации бытовых отходов, производства газа для электростанций и для использования в химической промышленности. Это также должно привести к дальнейшему снижению выбросов углекислого газа на тонну произведенного чугуна.

Важным направлением модернизации доменного производства стала реконструкция доменной печи. Так шведский проект ULCOS дает снижение расхода углерода на 24% на тонну чугуна и общее сокращение выбросов углекислого газа на 50 % в случае использования систем хранения захваченного углекислого газа в подземных резервуарах и соляных пластах.

В японском проекте COURSE50 для восстановления железной руды в доменной печи используется водород с максимальной заменой кокса при производстве чугуна. Новая, разработанная в рамках выполнения проекта COURSE50 доменная печь построена в Японии и принята в эксплуатацию в 2016 году. Первые промышленные испытания запланированы на 2020 год, но промышленное применение проекта COURSE50 начнется не ранее 2030 года.

Разработанный компанией Cofra Engineering Limited в Германии и Voestalpine Industrieanlagenbau VAI в Австрии как альтернатива производству чугуна процесс COREX - фактически единственная экономически конкурентная технология восстановительной плавки на основе некокующегося угля [2].

Южнокорейская компания POSCO совместно с Regional Institute of Science and Technology (RIST) в Поханге разработала процесс FINMET - четырёхстадийный процесс восстановления в реакторах с псевдоожиженным слоем, когда мелкодисперсную железную руду загружают в четыре последовательно соединённых реактора. В первых двух мелкозернистая руда предварительно нагревается, в третьем происходит 30 % восстановления, в последнем реакторе достигается окончательный уровень восстановления 90 %. В 2007 году POSCO построил коммерческий завод мощностью 1,5 млн т в год .

Повышение эффективности производства стали в современных условиях, характеризующихся большим избытком сталеплавильных мощностей, сокращением спроса, снижением цен на металл и жесточайшей конкуренции, этот вопрос стал крайне острым для предприятий-производителей стали.

Проблемой металлургических предприятий полного цикла, работающих на основе аглодомной технологии, является постоянный рост затрат на производство, связанный с ростом цен на железорудное сырьё и коксующийся уголь, на их транспортировку, возникновение экологических проблем. Это создало предпосылки для производства стали на мини-заводах. Мини-заводы на основе электросталеплавильного производства и использования лома, по всем технико-экономическим показателям превосходят заводы полного цикла. Энергоемкость производства стального проката на мини-заводах почти 2,5 раза ниже, а производительность труда от 3 до 5 раз выше, чем на интегрированных металлургических предприятиях [2]. Рыночным сегментом мини-заводов является жилищно-коммунальное хозяйство и строительный комплекс, внимание к которым повышается в рамках реализации национальных проектов.

В связи с созданием сталепрокатных комплексов и мини-заводов интенсивно развивается направление по разработке оптимальных схем и эффективных способов очистки масло-окалиносодержащих сточных вод машин непрерывного литья заготовок и прокатных станов. Разработаны трехступенчатые схемы очистки сточных вод МНЛЗ. В качестве примера можно привести бессточную систему водоснабжения МНЛЗ государственного унитарного предприятия «Литейно-прокатный завод» в городе Ярцево [6].

«Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» разработал технологию управления кристаллизацией расплава с помощью ввода расходуемого макрохолодильника, позволяющую улучшить внутреннюю макроструктуру непрерывнолитой заготовки и повысить качество готового проката, особенно толстых листов и плит.

Немецкой компанией IMERYS Metalcasting Germany GmbH разработана установка автоматической подачи шлакообразующей смеси Flux Feeder, обеспечивающая бесперебойную подачу смеси в кристаллизатор в точно дозированных количествах и равномерно распределяющая ее по поверхности жидкой стали. Применение Flux Feeder уменьшает возникновение поверхностных и внутренних дефектов непрерывнолитой заготовки и проката от 10 до 30 % и позволяет уменьшить удельный расход шлакообразующей смеси на величину от 5 до 10 % по сравнению с ручной подачей.

Австрийская компания INTECO Special melting and casting technologies GmbH разработала новую технологию разливки стали, которая представляет собой полунепрерывный процесс разливки, называемый сегментной разливкой. Сегментная разливка обладает рядом преимуществ по сравнению с классическим способом разливки в изложницы и непрерывной разливкой с последующим переплавом или без дополнительной доводки стали, особенно при разливке крупных круглых слитков из среднеуглеродистых и высоколегированных марок. Новый способ разливки позволяет уменьшить осевую ликвацию и пористость и существенно повысить качество стали [6].

В кислородно-конвертерном производстве: созданы прорывные технологии внепечной обработки чугуна, смешанной продувки, нижнего перемешивания, ошлакования футеровки конвертера и использования двух конвертеров при рафинировании. В Японии фирмой Sumitomo Metal Industries Limited разработана технология двух конвертеров в сталеплавильном рафинировочном SRP-Z процессе (Simple Refining Process). В одном из них проводят рафинирование чугуна от кремния и фосфора, затем сталь переливают во второй конвертер, проводят обезуглероживание и нагревают до температуры, необходимой для проведения внепечной обработки и разлива. При двухстадийном процессе сокращается время обработки металла, снижается скорость нагрева стали и содержание в ней углерода. Кислородно-конвертерный процесс выплавки стали с использованием двух последовательно стоящих конвертеров имеет перспективы из-за своей высокой эффективности и возможности точного управления скоростью процесса. Большинство сталеплавильных компаний в мире разработаны свои варианты двухстадийного конвертерного процесса, например, LD - Optimized Refining Process.

Современными направлениями развития электросталеплавильных технологий являются разработка систем непрерывной загрузки подогретого и холодного железа прямого восстановления или подготовленного лома, безшлакового выпуска плавки под напряжением, эксплуатацию печи с постоянно закрытым кожухом. Для оценочных термодинамических расчётов широко используются такие автоматизированные системы, оперативного контроля, создания динамических систем управления процессом продувки программные комплексы, как ASTRA или TERRA, Outokumpu, ChemSage (FactSage), «ОПАКУЛ», GIBBS, которые позволяют проводить термодинамические расчёты в гетерогенных многокомпонентных системах [8].

Разработка специалистами ООО «Инновационного бюро металлургических технологий» высокоточных моделей, позволила создать систему GIBBS, позволяющую надёжно рассчитать равновесие между металлом, шлаком и газом, а специально разработанный алгоритм - учитывать характеристики конкретных агрегатов и особенности каждой плавки. Использование автоматизированной системы управления технологическим процессом GIBBS на конвертере завода ROCKCHECK Metallurgical Plant (Тяньцзынь, Китай) позволило увеличить количество плавов без додувки до 82 %, уменьшить расход материалов. Общий экономический эффект составил 15,82 юаней (2,6 долл. США) на тонну металла.

Наблюдается унификация методов производства стали - электропечь из агрегата выплавки стали превратилась в агрегат для расплавления шихты и выплавки полупродукта. За 30 лет производительность электропечей более чем удвоилась. Мощность электропечных трансформаторов достигает 1 000 МВА. Длительность плавки уменьшилась с 120 до 40 мин, удельный расход электроэнергии - с 500 до 200 кВтч/т, расход электродов - с 6,5 до 1 кг/т. Рафинирование, легирование и доводка по составу и температуре перед машиной непрерывного литья проводятся в агрегатах внепечной обработки.

Группой компаний «Ферро-Технолоджи» разработан и запатентован принципиально новый энерготехнологический комплекс для получения стали по технологии ORIEN («ore-iron-energy» или «руда-железо-энергия»). Комплекс объединяет в единое целое подготовку исходных материалов из сырья природного и техногенного происхождения, выплавку из первичного сырья в электропечи, прокатку, а также выработку электрической и тепловой энергии из вторичных энергоресурсов с полным обеспечением технологического процесса собственной энергией [5].

Отправной точкой создания процесса ORIEN являются синтетические композиционные материалы - брикеты синтикома одинаковой формы, размеров, массы, состава, и имеющие постоянные физические и химические свойства, известную наследственность и происхождение, основу которых составляют ведущие элементы железо, углерод и кислород. Данное сырьё отличается от металлической шихты, чугуна, окатышей.

Целевыми продуктами плавки является сталь или полупродукт для внепечной обработки, монооксид углерода, являющиеся потенциальными источниками энергии и тепла, а также шлак. Помимо этого, процесс позволяет получать железо, паспортную шихтовую заготовку, чугун. Схема освобождает металлургию от применения кокса, агломерата, железорудных окатышей, выплавки чугуна в домнах и стали конвертерах. Это создаёт необходимые предпосылки для улучшения экологии, снижения энергозатрат, сокращения издержек производства, улучшения качества металлопродукции. Технология выплавки ORIEN базируется на использовании собственной электрической энергии, вырабатываемой за счёт утилизации вторичных энергоресурсов, и именно технологических газов, отводимых из электропечи без дожигания [5].

На ООО «РУСТАВИ СТИЛ» была создана упрощённая технология выплавки стали глубинной продувкой сталеплавильной ванны газовоздушной смесью через вставленную и затрамбованную магнезитовым порошком в сталевыпускное отверстие не охлаждаемую водой горелку. При проведении данного эксперимента были найдены новые, не имеющие аналогов в мировой практике и признанные научными открытиями закономерности обезуглероживания-науглероживания жидкой сталеплавильной ванны, зависящие от температуры металла и соотношения объёмов газа и воздуха. Выпуск стали происходит без тяжелого ручного труда механизированным выносом горелки из сталевыпускного отверстия краном, после этого жидкий металл через жёлоб перетекает в ковш, где проводится раскисление-легирование стали подачей ферросплавов из бункеров-дозаторов, затем сталь разливают в изложницы или на установку непрерывной разливки стали.

Крупные мероприятия по обновлению и модернизации основных фондов продолжают осуществляться в прокатном производстве. Увеличились объёмы листового проката и холоднокатаного листа, в три раза возросла доля листового проката с покрытиями вследствие осуществления крупных проектов ОАО «ММК», ОАО «ЧМК», ПАО «Северсталь» и ПАО «НЛМК» [3, 7].

Начиная с 2005 года в России организовано производство высококачественных прямошовных одношовных труб большого диаметра до

1420 мм, которое может быть полностью обеспечено широкоформатным толстым листом, производимым на станах 5000.

Вопросу повышения качества стали с целью импортозамещения для отечественных изделий посвящено много современных отечественных трудов в области науки и техники.

В 2013 году Машиностроительный концерн ОРМЕТО - Южно-Уральский машиностроительный завод представил разработку к промышленному освоению инновационной и ресурсосберегающей технологии спецметаллургии для производства паропроводов острого пара и роторов турбогенераторов атомной и топливной энергетики, высокостойких прокатных валков, результаты которой обеспечили объём импортозамещения 2 096 млн руб.

В 2015 году разработка ПАО «Северсталь» обеспечила полный отказ Белорусского автомобильного завода и Юргинского машиностроительного завода от импортного металла марок «Хардокс» и «Велдокс». Освоена ресурсосберегающая технология производства высокоэффективных экономно легированных высокопрочных сталей повышенной хладостойкости и надёжности, предназначенных для карьерного транспорта и механизированных комплексов горнодобывающей отрасли. Экономия средств за счёт импортозамещения на Юргинском машзаводе составила за десять лет 5,2 млрд руб. Десять лет эксплуатации десять тысяч машин производства БелАЗ за счёт увеличения в три раза срока службы платформ, сокращения трудозатрат и потерь от простоя сэкономят 500 тыс. т проката, или 30 млрд руб. [8].

В 2016 году был выдвинут ПАО «НЛМК» проект в области производства и импортозамещающих марок электротехнической изотропной стали для магнитных сердечников электрических машин с высоким коэффициентом полезного действия (КПД). Однако работа до сих пор не утверждена.

С учётом принятого курса на импортозамещение становится более востребованными отечественные аналоги зарубежных азотсодержащих сталей. В Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова создан ряд оригинальных марок азотсодержащих высокопрочных коррозионноустойчивых сталей. В их числе аустенитные стали с содержанием хрома и азота, деформируемые, аустенитные и литейные стали с содержанием хрома, марганца никеля молибдена, ванадия и азота, группа мартенситных с содержанием хрома, никеля, ниобия и азота. Благодаря замене углерода азотом они сочетают высокую прочность с хорошей пластичностью, ударной вязкостью, высокой циклической, а также коррозионной износостойкостью.

В Институте металлургии Уральского отделения РАН разработан и применен новый комплексный борсодержащий ферросплав - силикобор с содержанием бора от 1- 2 % и кремния 60 -80%. Это позволит за счёт ввода в сталь большого количества ферросплава и наличия в нём активного элемента кремния увеличить стабильность и усвоение бора от 90 до 95%. Получение силикобора ведется безагрегатным способом в ковше, при выпуске ферросилиция из рудовосстановительной электропечи. Также совместно с Серовским заводом ферросплавов Институт разработал и опробовал в промышленных условиях технологию производства пятидесятипроцентного

высокоуглеродистого феррохрома из бедных уральских руд. Перспективным направлением развития металлургического комплекса стало микролегирование стали. Особое место среди микролегирующих элементов занимает бор, введение которого в металл в небольших количествах от 0,001 до 0,005 % даёт возможность увеличить прочность стали без снижения пластичности.

Для металлургов большой проблемой является обеспечение отечественных потребителей металлом с различными покрытиями, в частности, для современных автомобилей - импортом сегодня покрывается около 30 % потребности. На ПАО Северсталь намечено построить до 2020 года новый комплекс покрытий, что позволит на 25 % (до 1 млн т в год) увеличить производство оцинкованного листа и на 33 % (до 600 тыс. т) листа с полимерным покрытием. Намечена модернизация стана холодной прокатки, что позволит увеличить производство холоднокатаного листа на 200 тыс. т., не только заменить импорт, но и принести высокий доход.

Поскольку нефть и нефтепродукты обеспечивают около трети топливно-энергетических потребностей страны, состояние нефтяной отрасли в значительной мере определяет и состояние экономики России в целом. Для магистральных газо- и нефтепроводов и подводных трубопроводов требуются электросварные прямошовные трубы диаметром от 508 до 1420 мм с толщиной стенки от 7 до 48 мм. Их изготавливают из стали классов прочности от К38 до К65 на рабочем давлении до 250 атмосфер методом формовки и автоматической сварки под слоем флюса. Производство проката труб данного класса прочности успешно освоено филиалом АО «Объединенная металлургическая компания - Сталь» на литейно-прокатном комплексе для строительства газопроводов в северной климатической зоне с температурой эксплуатации до минус 60° С, промышленных трубопроводов повышенной коррозионной стойкости и хладностойкости, трубопроводов для транспортировки нефтепродуктов с повышенным содержанием сероводорода.

В современном мире особо актуальной становится проблема экологии, подтверждением чему является программа европейской чёрной металлургии ULCOS, выполняемая с 2004 года. Программа ставит целью добиться значительного сокращения выбросов диоксида углерода. Речь идёт о высокоинновационной металлургии нового поколения, снижающей выбросы углекислого газа в процессах восстановления, основанных на карботермическом принципе, на 50 % на тонну стали в период до 2050 года.

Украинским научно-техническим центром «Энергосталь» совместно со стратегическим партнёром Инженерно-техническим центром «Росэнергосталь» разработаны и внедрены комплексные совмещенные системы газоудаления и сухой очистки технологических газов и неорганизованных выбросов крупно- и среднетоннажных электропечей, включающие водоохлаждаемый газоотвод горячих технологических газов от свода печи, крышный зонт для улавливания потоков неорганизованных выбросов, сухие пылеуловители (рукавные фильтры с импульсной регенерацией), дымососы, систему газоходов, систему пылеуборки и окомкования пыли. Например, система газоочистки дуговой сталеплавильной печи Новокраматорского машиностроительного завода.

Также разработана и реализована система газоудаления и газоочистки интенсивной дуговой печи мощностью 30 т в ГУП ЛПЗ в городе Ярцево, обеспечивающая эффективное газоудаление и очистку выбросов.

Анализ технологического уровня производства на отечественных металлургических предприятиях показывает, что около половины применяемых технологий соответствует современным требованиям. Однако степень износа основных производственных фондов в чёрной металлургии России составляет в среднем 43 %, при этом существуют предприятия, на которых степень износа превышает 55 % [6]. Поэтому по ряду производств требуется незамедлительная модернизация, поскольку их отсталость негативно сказывается на уровне удельных расходов ресурсов, вероятности возникновения техногенных аварий, экологичности и конкурентоспособности продукции [9].

Список литературы

1. Официальный сайт Всемирной ассоциации стали, публикация «World Steel in Figures 2017» [Электронный ресурс: www.worldsteel.org (дата обращения: 28.03.2018)]

2. Официальный сайт The Industrial Research Institute (IRI), публикация «Global R&D Funding Forecast» [Электронный ресурс: www.iriweb.org (дата обращения: 11.04.2018)].

3. Ларионова, А.А. Финансовое обоснование стратегии развития предприятия // Научные труды Вольного экономического общества России. 2011. Т. 155. С.267-269.

4. Виноградская, Н.А. Экономический потенциал компании как драйвер роста инвестиционной привлекательности//В сборнике: СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Экономические механизмы и управленческие технологии развития промышленности» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения». 2017. С. 155-160.

5. Виноградская, Н.А. Основные направления энергосбережения и повышения энергоэффективности в рамках энергетической стратегии России.//Вопросы повышения эффективности энергетических систем. Сборник научных трудов М.: НОУ ВПО Экономико-энергетический институт, 2013 г.

6. Центр раскрытия корпоративной информации Интерфакс [Электронный ресурс] // Интерфакс - Режим доступа: <https://www.e-disclosure.ru> (дата обращения: 10.04.2017).

7. Ларионова, А.А. Экспертные методы в исследованиях систем управления В сборнике: Новые тенденции в развитии менеджмента и маркетинга в социальной сфере под редакцией д.э.н., профессора Л.Б. Сульповара. Москва, 2001. -С. 66-70

8. Макарова, А.Д., Смоленцева Л.В. Сравнительный анализ CRM систем // Вестник современных исследований. 2017. № 12-1 (15). С. 171-174.

9. Перспективы развития российской металлургии [Электронный ресурс] // Федеральный портал PROTOWN.RU - Режим доступа: <http://www.protown.ru/information/hidden/4487.html> (дата обращения: 15.03.2016).

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Воробьев, Л.А. Очирова, Н.В. Кравченко, С.И. Кравчук, В.А. Басов
*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнёва»*

Аннотация. Проведен анализ конструкций стандартных и прогрессивных концевых фрез для обработки древесины и древесных материалов на фрезерно-копировальных станках с ЧПУ. В результате поискового исследования определены значимые параметры конструкции пазовой концевой фрезы и параметры рационального режима обработки торцового фрезерования пазовыми фрезами для опытных древесных материалов.

Ключевые слова: *концевая фреза, фрезерование, копировально-фрезерный станок, шероховатость, режим обработки, древесный материал.*

ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF MODERN END MILLS FOR TREATING WOOD AND WOOD MATERIALS

A.A. Vorobyev, L.A. Ochirova, N.V. Kravchenko, S.I. Kravchuk, V.A. Basov
*«Siberian State University of Science and Technology
named after M.F. Reshetnev »*

Abstract. The analysis of the structures of standard and progressive end mills for processing wood and wood materials on CNC milling and copying machines has been carried out. As a result of the exploratory study, the significant parameters of the design of the slotted end mill and the parameters of a rational mode of face milling with slot burrs for experimental wood materials were determined.

Keywords: *end mill, milling, copy milling machine, roughness, processing mode, wood material.*

Фрезы концевые или (по терминологии ГОСТ 25751-83) хвостовые являются основным режущим инструментом для деревообрабатывающих сверлильно-пазовальных, фрезерно-копировальных станков с верхним расположением шпинделя, фрезерно-копировальных станков и обрабатывающих центров с числовым программным управлением (ЧПУ) [1,2].

На отечественных деревообрабатывающих и мебельных предприятиях все шире используются фрезерно-копировальные станки и обрабатывающие центры с ЧПУ зарубежных фирм-производителей: итальянские Busselato, Centauro, Cosmec, SCM Group, Filato, Uniteam; немецкие Homag и Wainig; канадские Beaver, которые практически вытеснили традиционные сверлильно-пазовальные и фрезерно-копировальные станки с верхним расположением шпинделя.

Отечественными стандартами предусмотрен выпуск концевых фрез:

1. Для фрезерования древесины по контуру и выборки гнезд на вертикально-фрезерных и сверлильно-пазовальных станках по ГОСТ 8994—80 «Фрезы дереворежущие концевые цилиндрические» (рис.1). Фрезы изготавливаются из сталей марок Х6ВФ, 9ХС или из быстрорежущих сталей. Фрезы с диаметром 12 мм и более из быстрорежущих сталей выполняются сварными [3];

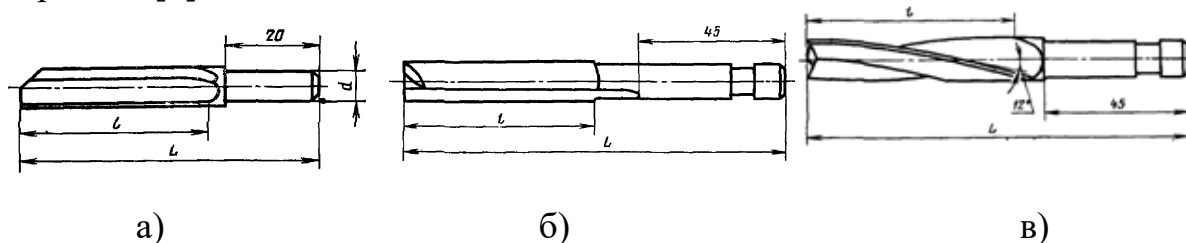


Рис. 1. Фрезы дереворежущие концевые цилиндрические по ГОСТ 8994—80:
 а) однозубая; б) двухзубая левого и правого вращения с прямой канавкой;
 в) двухзубая правого вращения с винтовой канавкой

2. Для станочной обработки древесины и композиционных древесных материалов на вертикально-фрезерных станках и обрабатывающих центрах с ЧПУ по ГОСТ Р 53926-2010 «Фрезы концевые с механическим креплением сменных режущих пластин для обработки древесины и композиционных древесных материалов» (рис. 2). В качестве материала режущей части фрез применяется твердый сплав группы ВК, инструментальная легированная сталь и быстрорежущая сталь. Корпуса фрез, крепежные элементы пластин и ножей должны изготавливаться из стали марки 40Х или стали 45 [5];

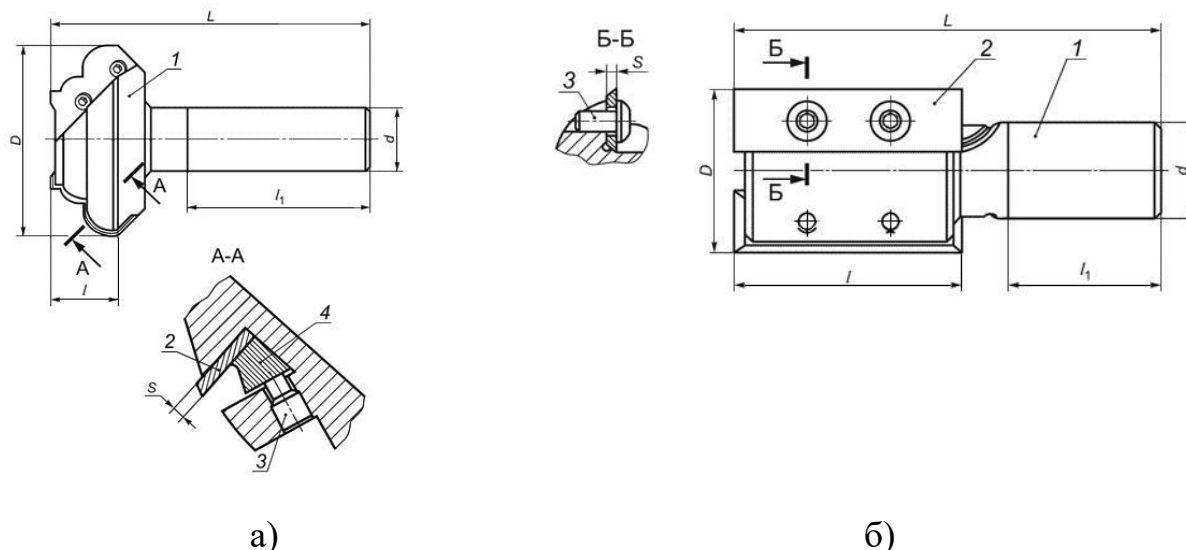


Рис. 2. Фрезы концевые с механическим креплением сменных режущих пластин для обработки древесины и композиционных древесных материалов по ГОСТ Р 53926-2010:

- 1- корпус; 2 - пластина или нож; 3 - крепежный элемент; 4 – клин;

а) тип 1 - со сменными перетачиваемыми ножами из инструментальных легированных сталей или твердых сплавов и ножами, оснащенными твердым сплавом; б) тип 2 - со сменными неперетачиваемыми твердосплавными или быстрорежущими пластинами

3. Для обработки древесины, древесных материалов, пластиков и других материалов на их основе на высокоскоростных фрезерных станках и обрабатывающих центрах по ГОСТ Р 52589-2006 «Фрезы концевые, оснащенные твердым сплавом, для высокоскоростной обработки древесных материалов и пластиков» (рис. 3). Предусмотрен выпуск концевых фрез с цилиндрическими хвостовиками, оснащенных твердым сплавом, двух типов: 1 тип - со сменными перетачиваемыми ножами из инструментальных легированных сталей или твердых сплавов и ножами, оснащенными твердым сплавом; 2 тип - со сменными неперетачиваемыми твердосплавными или быстрорежущими пластинами[4].

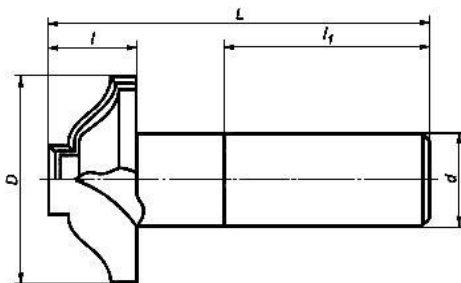


Рис. 3. Основные параметры концевых фрез по ГОСТ Р 52589-2006

Основными параметрами конструкции концевых фрез являются: максимальный наружный диаметр D ; общая длина фрезы L , длина режущей части l_1 , длина хвостовика l_2 , диаметр хвостовика d ; номинальные углы α , β , γ ; число зубьев z [1,2,5].

Каждый тип концевых фрез, оснащенных твердым сплавом, может иметь два исполнения формы режущей кромки: 1 - прямолинейные (с любым расположением относительно оси вращения); 2 - фасонные (с любым сочетанием прямолинейных, радиусных, выпукло-вогнутых, криволинейных). Фрезы изготавливаются сборными с разъемным соединением частей и элементов [5].

Существующие государственные стандарты определяют общие требования к концевому фрезерному инструменту для обработки древесины и древесных материалов. В то время, как мировые производители: отечественные и зарубежные, предлагают различные новаторские конструкции, широко представленные на современном рынке деревообрабатывающего оборудования [6,7].

Приобретая фрезерно-копировальные станки с ЧПУ, потребителю довольно сложно определиться с выбором рациональных конструкций концевой фрезерного инструмента, а впоследствии и с назначением оптимальных режимов обработки разнообразных древесных материалов, в особенности инновационных.

На кафедре Станков и инструментов ФГБОУ ВО «Сибирского государственного университета науки и технологий» в учебном процессе наглядно используется деревообрабатывающее оборудование, предоставленное Учебным научно-технологическим центром «СибГУ-КАМИ». В процессе изучения возможностей и устройства копировально-фрезерных станков с ЧПУ в рамках НИРС нами было выполнено поисковое исследование по анализу конструкций современных концевых фрез для обработки древесины и древесных материалов и изучению влияния параметров режима обработки концевыми фрезами на качество поверхности различных древесных материалов.

Концевые твердосплавные фрезы с цилиндрическим хвостовиком, предлагаемые отечественными и зарубежными фирмами - производителями режущего инструмента в огромном ассортименте, сложно сопоставить с конструкциями описанными в ГОСТ 8994-80, ГОСТ Р 52589-2006, ГОСТ Р 53926-2010.

В отличие от описанных в ГОСТ, современные концевые фрезы преимущественно производятся с напаянными пластинами твердого сплава или монолитной конструкции. Потребителю предлагаются концевые спиральные фрезы (с верхним или нижним выбросом стружки, а также компрессионные), фрезы прямые, рашпильные, черновые со стружколомом, фрезы конусные и цилиндрические со сферическим окончанием и другие варианты конструкций [6,7].

Прогрессивный монолитный режущий инструмент изготавливают путём вытачивания из цилиндрических твердосплавных прутков на шлифовальных станках с ЧПУ. Монолитные концевые фрезы в сравнении с фрезами, оснащенными пластинками твердого сплава, могут иметь очень сложную геометрическую форму. Технология позволяет изготавливать режущий инструмент с небольшими диаметрами (от 0,5 до 3 мм) и большой длиной режущей части (её отношение к диаметру может достигать 12). Монолитные концевые фрезы обеспечивают увеличенную стойкость инструмента и его прецизионность. Существенным недостатком монолитных концевых фрез является их высокая из-за повышенного расхода дорогостоящего твердого сплава стоимость.

Для станков с ЧПУ рекомендуются двухзаходные, то есть имеющие два лезвия, монолитные концевые фрезы с удалением стружки вверх. Размеры концевых фрез для обработки древесины варьируются от минимальных диаметров (меньше 1 мм) до 20 мм и больше.

Различают концевые фрезы правые (вращающиеся по часовой стрелке, если смотреть со стороны хвостовика) и левые (вращающиеся против часовой стрелки). При правой завивке винтовой канавки стружка движется к хвостовику фрезы. При левой завивке стружка движется к торцу фрезы [2].

Трёхзаходные и четырёхзаходные с удалением стружки вверх используются на станках с ЧПУ при скоростном раскрое фанеры, ламината, черновом фрезеровании МДФ. Дополнительные преимущества дают фрезы со стружколомом. Период стойкости концевых фрез со стружколомом

несоизмеримо выше, чем у тех, что имеют «чистовую» геометрию. Трёхзаходный и четырёхзаходные инструмент обеспечивает фрезерование с максимальной скоростью, поскольку чем больше режущих кромок имеет фреза, тем быстрее она может работать.

Конструкции фрез с удалением стружки вниз применяются, если обрабатываемый материал очень тонкий, или несколько листов материала режутся за один проход, или при отсутствии достаточного прижима. Фрезы с нижним выбросом создают дополнительное давление на материал сверху, предохраняя его от сдвигов [1,2,6,7].

Технология изготовления фрез с напаянными пластинками твердого сплава также накладывает определённые ограничения на их размерную линейку. Минимальный рабочий диаметр этих фрез составляет не менее 3 мм. Отношение длины режущей части к рабочему диаметру кратно 4 или 5 (например, длина $l_1 = 50,8$ мм при диаметре $D = 12$ мм). Фрезы с большим соотношением l_1/D изготовить затруднительно, так как при сохранении диаметра и увеличении рабочей длины теряется точность и concentricность инструмента.

Твердосплавные фрезы для станков с ЧПУ с прямыми лезвиями рекомендуются для обработки многослойных материалов, например, фанеры. Фрезы этого типа часто называют пазовыми.

Так называемые, компрессионные концевые фрезы имеют идеальную геометрию для материалов, склонных к образованию сколов или ворса: ламината, фанеры, древесины мягких пород. Верхний нож компрессионной фрезы направлен вниз, а нижний — вверх. Благодаря этому на обрабатываемой поверхности не образуются сколы и ворсистость.

Рашпильные концевые фрезы незаменимы при обработке твёрдых древесных материалов, например, ХДФ, MDF и фанеры, а также древесины твёрдых пород. Фрезы типа «Кукуруза» обеспечивают высокое качество обработанной поверхности и производительность работы, несмотря на отсутствие в конструкции крупной канавки.

Концевые фрезы для рельефов и 3D-обработки имеют общую особенность — сферическое окончание, которое позволяет формировать рельефные поверхности. Фрезы со сферическим окончанием делятся на: цилиндрические; конические. Принцип работы у них одинаковый, а преимущество конических проявляется в том, что они позволяют совместить сферу малого диаметра (точность мелкого рисунка) с хвостовиком большего диаметра. В силу этих особенностей, фрезы со сферическим окончанием цилиндрические чаще используют для черновой обработки, а конические — для чистовой (или обработки за один проход, без черновой) [6,7].

Анализируя вышеприведенную теоретическую информацию мы пришли к мнению, что предлагаемое разнообразие конструкций и разновидностей концевых фрез для обработки древесины и древесных материалов не даёт однозначного представления и даже затрудняет выбор подходящего инструмента, так как производители режущего инструмента пользуются разной терминологией, ссылаются на разные нормативные документы, используют для

изготовления инструмента разные технологии и марки материалов. С целью анализа и систематизации имеющихся сведений нами было принято выполнить поисковые исследования, которые позволят получить практический опыт эксплуатации деревообрабатывающего оборудования и инструмента в рамках НИРС и сформулировать перспективные направления дальнейших исследований процессов резания древесины и древесных материалов на фрезерно-копировальных станках и обрабатывающих центрах с ЧПУ.

На первом этапе предварительного отбора нами были изучены концевые фрезы разнообразных конструкций и производителей, описанные в таблице 1.

Таблица 1

Варианты конструкций концевых фрез для фрезерно-копировальных станков с ЧПУ

Производитель (страна)	Материал	Тип концевой фрезы	Размеры фрезы $l_1*d*z*D*L$ мм
СМТ (Италия)	Твёрдый сплав	Прямая монолитная	30*8*2*8*70
DJTOL (Китай)	Твёрдый сплав	Прямая двухзаходная	30*8*2*8*70
DJTOL (Китай)	Твёрдый сплав	Рашпильная (кукуруза)	12*3,17*2*3.17*40
JFC (Китай)	Твёрдый сплав	Рашпильная (кукуруза)	12*3,17*2*2,5*40
DJTOL (Китай)	Твёрдый сплав	Спиральная четырехзаходная со стружколомом	22*6*4*6*3*55
СМТ (Италия)	Твёрдый сплав	Спиральная монолитная	95*14*2*14*150
Альма (Россия)	Твёрдый сплав	Спиральная двухзаходная	32*6*2*6*70
BOSCH (Германия)	Твёрдый сплав	Прямая двухзаходная	20*12*2*12*51
Klein (Италия)	Твёрдый сплав	Прямая однозаходная	32*6*1*6*63

Для последующих экспериментов было принято решение остановиться на трех принципиально разных видах концевых фрез: прямой двухзаходной; рашпильной (тип «кукуруза»); спиральной четырехзаходной со стружколомом [6]. Все фрезы оснащены режущими кромками на цилиндрической и торцевой частях стержня и предназначены для обработки: ЛДСП, древесных материалов с двухсторонним ламинированием, шпонированных панелей, материалов с покрытием из слоистого пластика и HPL, композитов из дерева и фанеры. В качестве материала рабочей части фрез, по информации фирмы–производителя, использован мелкозернистый твердый сплав.

Параметры выбранных концевых фрез представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры твердосплавных концевых фрез

Наименование концевой фрезы	Длина фрезы L, мм	Длина режущей части l, мм	Диаметр хвостовика d, мм	Диаметр режущей части, D мм
Фреза прямая двухзаходная, z = 2	50	22	6	6
Фреза рашпильная (тип кукуруза)	50	22	6	6
Фреза спиральная четырехзаходная со стружколомом, z = 4	60	25	6	6

Далее были отобраны три наименования известных древесных материалов. Для исследования выбраны клееный щит из древесины бука влажностью 8 %, березовая фанера (сорт 3) и плита МДФ с плотностью 730 кг/м³. Эти виды древесных материалов широко используются в мебельной промышленности, имеют разную структуру и требуют особого режима обработки.

Исследование включало серию экспериментов, состоящих из трех повторений на заданных значениях факторов. Фрезерование образцов осуществлялось на фрезерно-копировальном станке с ЧПУ модели Beaver 0906AT, предназначенном для высококачественного фрезерования и гравирования поверхностей деталей и заготовок из древесины и древесных материалов по плоскости (программное обеспечение 2D) и в 3-х мерном пространстве (3D фрезерование).

При назначении режима работы станка в качестве постоянного фактора была принята скорость подачи фрезы V_s . Частота вращения шпинделя n является переменным фактором и варьируется, исходя из технических возможностей станка: 5000 мин⁻¹; 10000 мин⁻¹; 15000 мин⁻¹.

В ходе эксперимента в исследуемых заготовках каждой из выбранных фрез для трех значений частоты вращения фрезы были обработаны пазы в форме квадрата (10x10 см).

За критерий оценки качества исследуемых образцов приняли параметр шероховатости R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам.

В соответствии с ГОСТ 7016-2013 шероховатость деревянной поверхности характеризуется параметрами, их числовыми значениями и наличием или отсутствием ворсистости и мшистости. Анатомические неровности древесины при этом не учитываются [1].

Шероховатость определялась по ГОСТ 15612-2013 [8] с применением портативного измерителя шероховатости - профилометра модели TR100. Прибор обеспечивает высокую точность и широкий диапазон измерений.

Таблица 3

Результаты измерений шероховатости поверхности после обработки концевой фрезой

Древесный материал	Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z , мкм		
		Фреза прямая двухзаходная	Фреза рашпильная (тип «кукуруза»)	Фреза спиральная четырехзаходная
Клееный щит из древесины бука	15000	25,0	22,0	21,4
	10000	30,3	26,8	24,5
	5000	31,2	32,1	30,3
Фанера березовая	15000	25,6	30,5	16,7
	10000	27,6	33,7	19,2
	5000	32,5	35,3	22,9
МДФ	15000	25,0	26,5	21,9
	10000	24,6	28,0	23,3
	5000	26,2	28,2	24,9

Измерения уровня шероховатости проводились на пяти участках торцовой поверхности паза, затем определялось среднее арифметическое значение параметра. Результаты полученных измерений представлены в таблице 3.

По итогам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Выполнен анализ современных конструкций концевых фрезерного инструмента отечественного и зарубежного производства;

2. Современный рынок дереворежущего концевых инструмента широко представлен импортными и отечественными производителями в различных вариациях конструкций, при этом скудные и противоречивые рекомендации по назначению режущего инструмента и режимам обработки древесины и древесных материалов влекут за собой неэффективное использование данного инструмента и, как следствие, снижение качества обработки и даже выход из строя дорогостоящих концевых фрез.

3. Проведенные поисковые исследования позволили выявить наиболее значимые факторы воздействия на качество обработанной поверхности: к ним можно отнести количество резцов на торцовой поверхности фрезы, вид фрезы и частоту оборотов;

4. Создана экспериментальная установка на базе фрезерно-копировального станка с ЧПУ для исследования процесса резания древесины, распространенных и инновационных древесных материалов;

5. Эмпирическим путем установлено влияние конструктивных и геометрических параметров концевых фрез на шероховатость обработанной поверхности при вариации режимов обработки древесины и древесных материалов;

6. Результаты данного поискового исследования могут служить основой для назначения и разработки рациональных режимов резания и подготовки инструмента широкого спектра современных видов древесных материалов.

Список литературы

1. Санев, В.И., Каменев, Б.Б., Сергеевичев А.В. Резание древесины и древесных материалов: Учебник. – СПб.: «Лань», 2018. – 456 с.

2. Зотов, Г.А. Дереворежущий инструмент. Конструкция и эксплуатация / Г.А. Зотов. – СПб.: Лань, 2010. - 384 с.

3. ГОСТ 8994–80. «Фрезы дереворежущие концевые цилиндрические».

4. ГОСТ Р 52589–2006. «Фрезы концевые, оснащенные твердым сплавом, для высокоскоростной обработки древесных материалов и пластиков».

5. ГОСТ Р 53926–2010. «Фрезы концевые с механическим креплением сменных режущих пластин для обработки древесины и композиционных древесных материалов».

6. <http://www.gravman.ru>

7. <https://www.stanki.ru>

8. ГОСТ 15612–2013 «Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости поверхности»

ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С УЧЁТОМ КРИТИЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК

М.П. Грехов

ФГБОУ ВО Курганский государственный университет

Аннотация. Выполнение принципов управления качеством технологических процессов, а именно, учётом критических контрольных точек при производстве пищевых продуктов позволяет проследить динамику совершенствования деятельности предприятий и выявить приоритетные направления по улучшению технологических процессов и оптимизации режимов производства. Статья посвящена нормированию технологического процесса по критическим контрольным точкам.

Ключевые слова. *Менеджмент качества, дефект, критические контрольные точки, контроль, алгоритм контроля.*

PLANNING TECHNOLOGICAL PROCESS TAKING INTO ACCOUNT CRITICAL CONTROL POINTS

V.P. Grekhov

FGBOU VO Kurgan State university

Abstract. The implementation of the principles of quality management of technological processes, namely, taking into account the critical control points in the production of food products allows us to trace the dynamics of improving the activities of enterprises and identify priority areas for improving technological processes and optimizing production modes. The article is devoted to the normalization of the process at critical control points.

Keywords: *Management quality, defect, critical control points, control, control algorithm.*

С 80-х годов XX века, началось активное сближение менеджмента качества и общего менеджмента. Международными организациями ИСО/МЭК наш XXI век объявлен веком качества, признавая тем самым приоритетное значение развития и применения всемирно известных принципов менеджмента качества в деятельности предприятий для достижения максимальной эффективности и повышения конкурентоспособности. Принципы всеобщего управления качеством и положения стандартов ИСО серии 9000 явились результатом мирового консенсуса и приняты как глобальная концепция. Освоение и использование этих принципов становится элементом стратегического пути интеграции отечественной промышленности и сферы услуг в мировую экономическую систему [1,2].

В настоящее время управление качеством продукции рассматривается как управление всем производством по критерию качества. Пожалуй, ни одна другая цель управления производством не может сравниться с проблемой обеспечения качества по степени интеграции деятельности различных подразделений и служб предприятия, а также как всего технологического процесса, так и каждого его этапа в частности. Сейчас уже можно констатировать, что менеджмент качества стал ведущим для современных перерабатывающих предприятий [5].

Современные требования системы анализов риска ХАССП регламентируют строгий учёт факторов, которые могут повлиять отрицательно на конечное качество продукта. В соответствие с этим, целью нашей работы стало изучение системы учёта критических контрольных точек в производстве колбас, на предприятии ООО «Мясокомбинат Стандарт» города Кургана.

Необходимым условием для идентификации критической контрольной точки (ККТ) является наличие признаков риска – т.е. определение опасного фактора, а также предупреждающих его мероприятий, устраняющих риск или снижающих его до допустимого уровня.

Для удобства осуществления контроля, вся система учёта ККТ предприятия подразделена на 5 этапов (рис. 1). Первый этап - входной контроль и приемка мясного сырья, пищевых ингредиентов, добавок и пряностей. Осуществляется ветеринарно-санитарным врачом и мастером цеха. Этап включает 2 операции и 6 параметров подлежащих контролю, которые оцениваются визуально для каждой партии поступающего на производство сырья [3,6].

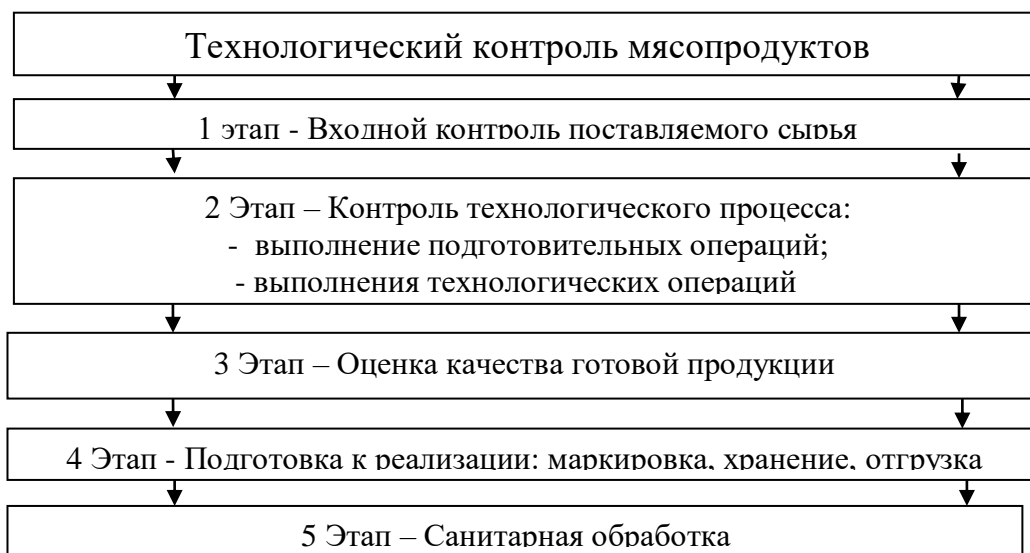


Рис.1. Алгоритм технологического контроля мясных продуктов

Контролируется мастером цеха. Включает в себя 14 операций и 35 параметров, контролируемых различными методиками (визуально, термометрией, взвешиванием, учётом по времени и при помощи лабораторных приборов). Технологический процесс – это самый большой этап, который требует знаний, умений, навыков и мудрости всех работников, а не только мастера цеха. Осуществляется контроль для каждой партии вновь изготавливаемого продукта, а также для общей партии однородных продуктов (например: для всех используемых за смену оболочек) [4,6].

Следующий этап - подготовка к реализации. Здесь задействованы мастера, бригадиры, кладовщики, зав.лабораторией и менеджеры по продажам. В регламент включены 3 параметра, контролирующиеся в первую очередь качество

готового продукта, санитарное состояние тары и показатели микроклимата. Осуществляется контроль ежедневно.

И последний этап - санитарная обработка помещений, технологического оборудования, тары и инвентаря. Проводится ежедневно, а также после реализации каждой отдельно взятой партии колбас. Контроль осуществляется бригадиром мойщиков и технологом.

Результаты анализа опасных факторов и выявления критических контрольных точек должны быть обоснованы и документированы. Внедрение системы контроля должно работать в едином комплексе производственного контроля. Поэтому для критических контрольных точек следует установить: критерии идентификации - для опасных факторов; критерии допустимого (недопустимого) риска - для контроля признаков риска; и допустимые пределы - для применяемых предупреждающих воздействий.

Согласно ИСО 22000 «Система менеджмента безопасности пищевой продукции» (СМБПП), для каждой критической точки должна быть разработана система мониторинга для проведения в плановом порядке наблюдений и измерений, необходимых для своевременного обнаружения нарушений критических пределов и реализации соответствующих предупредительных или корректирующих воздействий. Периодичность процедур мониторинга на предприятии должна обеспечивать отсутствие недопустимого риска. Все регистрируемые данные и документы, связанные с мониторингом критических контрольных точек, должны быть подписаны исполнителями и занесены в рабочие листы ХАССП [1,2].

Давая рекомендации по совершенствованию учёта ККТ, нами были проанализированы уточнения для следующих критериев:

- по безопасности сырья – 3 вопроса;
- по физическим характеристикам и составу продукта – 3 вопроса;
- по микробиологическому составу продуктов – 4;
- для помещений – 4;
- для оборудования и персонала – по 5
- для процессов производства, хранения и реализации – по 4;
- для упаковки - 3;

На второй стадии нами выявлены потенциально опасные факторы, согласно балловой системе, при этом использовали метод анализа рисков по качественной диаграмме по следующим критериям (рис.2):

- вероятность появления опасного фактора, нормировали исходя из 4-х возможных вариантов оценки: 1 балл - практически равна нулю, 2 балла – незначительная, 3 балла – значительная, 4 балла – высокая;

- тяжесть последствий употребления продукта содержащего опасный фактор нормировали исходя из 4-х возможных вариантов оценки: 1 балл – легкое, 2 балла - средней тяжести, 3 балла – тяжелое, 4 балла – критическое.



Рис.2. Диаграмма анализа рисков

Для каждой ККТ были составлены и документированы корректирующие действия, предпринимаемые в случае нарушения критических пределов. К ним можно отнести: поверку средств измерений; наладку оборудования; изоляцию несоответствующей продукции; переработку несоответствующей продукции; утилизацию несоответствующей продукции и др.

Корректирующие действия на ИП по возможности должны быть составлены заранее, но в отдельных случаях могут быть разработаны оперативно после нарушения критического предела. Полномочия лиц, ответственных за корректирующие действия, должны быть установлены заранее. В случае попадания опасной продукции на реализацию должна быть составлена документально оформленная процедура ее отзыва. Планируемые корректирующие действия должны быть занесены в рабочие листы ХАССП [3,6].

В настоящее время регистрация критических точек осуществляется согласно контрольной карте, которая предусматривает учёт критических пределов, анализ процедуры мониторинга, предлагаемые корректирующие действия, процедуру верификации и ссылку на нормативно-техническую документацию (табл. 1).

Таблица 1

Журнал учёта критических контрольных точек

ККТ	Опасный фактор	Критические пределы	Процедура мониторинга				Корректирующие действия	Верификация	Ссылка на НТД
			что?	как?	как часто?	кто?			

В проекте работы предприятия по совершенствованию системы качества и безопасностью продукцией имеется разработка собственными специалистами плана ХАССП. План предусматривает учёт объектов контроля по регламентируемым параметрам и его предельным значениям. В план включены способы мониторинга, его периодичность, ответственное лицо, обязательно

регистрирующиеся в журнале учёта и соответствующие для каждого параметра. Система корректирующих действий предусматривает анализ процедуры в соответствии с СМК 023, в котором прописаны мероприятия по обучению персонала. Корректирующие действия также должны учитываться в фиксирующих документах. Кроме перечисленных регламентов, план ХАССП будет включать процедуру оценки эффективности мониторинга ККТ.

Делая заключение можно отметить, что наше предприятие представляет убедительные доказательства не только по выполнению процедур контроля, но и системного управления качеством и безопасностью для всей мясной продукции.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51705.1-01 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП». Введен 01.07.2001. М.: Стандартиформ, 2001. С.12.

2. Грехова, О.Н. Совершенствование системы управления качеством варёных колбас / О.Н. Грехова. Материалы Международной научно-практической конференции: «Научные исследования – основа модернизации сельхозпроизводства». Тюмень, 2011. С.203-206.

3. Организационно-экономические и технические отчёты мясоперерабатывающего предприятия ООО «Мясокомбинат Стандарт» за 2014 – 2017 гг.

4. Рогов, И.А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И.А. Рогов, А.Г. Забашта. М.: Колос, 2000. 365 с.

5. Саградян, А.Р. Аспекты управления качеством мясной продукции согласно требованиям системы ХАССП – МЯСО / А.Р. Саградян, О.Н. Грехова. Материалы студенческой научной конференции: «Молодёжный научный потенциал в развитии Уральского федерального округа». Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2013. С. 98 – 100.

6. Технологические карты процесса производства колбас на ООО «Мясокомбинат Стандарт».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПУСКОВЫХ КРИТЕРИЕВ ДЕФЕКТНОСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

О.Н. Грехова

*ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия
имени Т.С. Мальцева»*

Аннотация. Современные особенности планирования на предприятиях должны базироваться на наглядности и понимании возникновения брака продукции. Применение расчётов максимальных и минимальных параметров качества, а также коэффициентов дефектности и сортности способствует достоверному пониманию и ведению технологии как мастером и технологом, так и рабочими предприятия. Данная статья посвящена подбору вариантов экспресс-контроля технологического процесса.

Ключевые слова: менеджмент качества, дефект, коэффициент дефектности, коэффициент сортности, контроль, разладка.

MODERN ASPECTS OF ACCOUNTING FOR MARRIAGE PRODUCT PROCESSES IN ENTERPRISES

O.H. Grekhova

FGBOU VO «Kurgan State Agricultural Academy named T.S. Maltsev»

Abstract. Modern features of planning in enterprises should be based on clarity and understanding of the occurrence of product defects. The use of calculations of the maximum and minimum quality parameters, as well as the coefficients of defects and grade contributes to a reliable understanding and management of the technology by both the master and the technologist, and the workers of the enterprise. This article is devoted to the selection of options for express control of the process.

Keywords: *management quality, defect, imperfection factor, grading factor, control, disorder.*

Задача компетентного регулирования технологического процесса состоит в том, чтобы на основании результатов периодического экспресс-контроля выборок малого объема можно было бы сделать заключение: «процесс налажен» или «процесс разлажен». Выявление разладки технологического процесса основано на результатах периодического контроля малых выборок осуществляемого по количественному или альтернативному признакам. Для каждого из этих способов контроля используются свои статистические методы регулирования [4].

Контроль по количественному признаку заключается в определении с требуемой точностью фактических значений параметра продукции. Фактические значения контролируемого параметра необходимы для последующего вычисления статистических характеристик, по которым принимается решение о состоянии технологического процесса. Такими характеристиками являются медиана, выборочное среднее; квадратичное отклонение и размах. Современные европейские особенности к осуществлению экспресс-контроля рекомендуют также использование неопределенности и воспроизводимости результатов измерений учёта любого брака продукции. Подобные статистические методики все больше находят своё применение и на современных российских предприятиях.

Контроль по альтернативному признаку заключается в определении соответствия контролируемого параметра или единицы продукции установленным требованиям. При этом каждое отдельное несоответствие установленным требованиям считается дефектом, а единица продукции, имеющая хотя бы один дефект, считается дефектной.

При контроле по альтернативному признаку не требуется знать фактическое значение контролируемого параметра, а достаточно установить факт соответствия или несоответствия его установленным требованиям. Поэтому можно использовать простейшие средства экспресс-контроля: шаблоны, калибры, контроль по образцу, наблюдение и др.

Каждый из перечисленных способов имеет свои преимущества и свои недостатки. Преимущество контроля по количественному признаку состоит в том, что он более информативен (по сравнению с контролем по

альтернативному признаку) и поэтому требует меньшего объема выборки. Однако такой контроль более финансовозатратный, поскольку для него необходимы такие технические средства, которые позволяют получать фактические значения контролируемого параметра. Кроме того, для статистического регулирования при контроле по количественному признаку необходимы вычисления, связанные с определением статистических характеристик.

Преимущество контроля по альтернативному признаку заключается в его простоте и относительной дешевизне, поскольку можно использовать визуальный контроль. К недостаткам такого метода экспресс-контроля относится его меньшая информативность, что требует значительно большего объема выборки при равных исходных данных.

Рассмотрим суть статистических методов регулирования технологических процессов. Любой контролируемый параметр по своей природе является случайной величиной, поскольку он может принять то или иное значение, причем заранее нам неизвестное.

Случайная величина (показатель качества - масса, диаметр отверстия, вала и пр.) может быть, в частности, непрерывной или дискретной. Например, диаметр трубки представляет собой непрерывную случайную величину, которая теоретически может принимать все значения в интервале, ограниченном допуском, скажем, между 32,5 и 35,5 см. Непрерывную величину мы получаем при контроле качества продукции по количественному признаку с помощью измерительных средств, позволяющих получить значение контролируемого параметра с большой точностью [5].

Дискретную величину мы получаем, например, при контроле качества продукции по альтернативному признаку «годен» или «не годен». Или же с использованием методики расчёта по неопределённости результата измерения. При этом, мы подсчитываем число дефектных единиц или число дефектов. Здесь нас не интересует истинное значение параметра X , достаточно лишь установить соответствует ли оно установленному требованию или нет.

Наиболее часто используемым при решении задач статистического контроля является нормальное распределение величины X .

При отклонении μ (среднее) от заданного значения μ_0 , а также при увеличении σ (среднее квадратичное отклонение) увеличивается доля дефектной продукции P , что свидетельствует о разладке технологического процесса.

На стадии предварительного анализа состояния технологического процесса необходимо оценить параметры μ_0 и σ . Для этого надо отобрать на контроль определенное количество единиц продукции. Чем большее число единиц продукции будет проконтролировано, тем более точной будет оценка этих параметров. Продукцию на экспресс-контроль следует отбирать при нормальном ходе производства, т.е. при надлежащем качестве сырья и при отлаженном оборудовании.

При этих условиях мы получим оценки параметров и при налаженном состоянии технологического процесса, т.е. μ_0 и σ . Зная эти значения, мы можем

определить вероятную долю дефектной продукции P_0 при налаженном состоянии технологического процесса. Схематично это можно представить сравнительной схемой, включающей в себя как кривые распределения дефектности, так и идеальный разброс в пределах допуска (рис. 1).

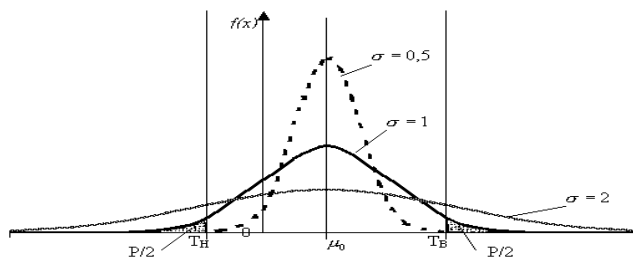


Рисунок 1 - Кривая плотности нормального распределения.
Штрихом показаны критерии возможной дефектности

На рисунке показана кривая плотности нормального распределения, расположенная в пределах поля допуска, ограниченного нижним и верхним предельными значениями T_H и T_B . Поле под кривой между этими двумя значениями представляет собой долю всей совокупности, для которой значения X лежат в пределах поля допуска, т.е. q . Эта доля определяется как вероятность того, что случайная величина X примет значение в пределах: $T_H - T_B$:

$$q = P(T_H < X < T_B) = \Phi\left(\frac{T_B - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{T_H - \mu}{\sigma}\right), \quad (1)$$

где $\Phi(x)$ - функция нормального распределения;

$P = 1 - q$ - доля дефектной продукции.

Данная зависимость показывает сравнение доли годной продукции от допуска, а также от значений параметров отклонений μ_0 и σ . Чем больше будет поле допуска, тем больше будет доля годной продукции, и наоборот, тем большим будет значение, тем меньшей будет доля годной продукции и тем большей будет доля дефектной продукции P . Но с другой стороны, - чем больше будет отклоняться от идеального значения, тем меньшей будет доля годной продукции и тем большей будет доля дефектной продукции P . Сказанное представлено на рис.2.

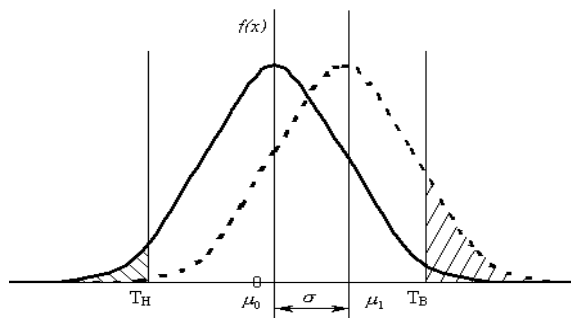


Рисунок 2 - Изменение доли дефектной продукции при разладке процесса.
Штрихом показан критерий разброса дефектности

Из иллюстрации ясно, что при заданном допуске для уменьшения доли дефектной продукции P необходимо добиваться, чтобы, во-первых, значения μ не отклонялись от значений μ_0 , которое обычно принимают равным середине допуска; во-вторых, чтобы значение не увеличивалось. Этого можно добиться путем своевременной подналадки оборудования.

Основная цель экспресс-контроля за состоянием технологического процесса состоит в том, чтобы на основе полученных результатов в случае необходимости привести процесс в статистически управляемое состояние. В настоящее время существует большое разнообразие статистических методов регулирования технологических процессов. Статистическое регулирование технологических процессов удобно осуществлять с помощью контрольных карт (модуль Карты контроля качества в *STATISTICA*), на которых отмечают значения определенной статистики, полученной по результатам выборочного контроля.

Выход точки за границы регулирования (или появление ее на самой границе) служит сигналом о разладке технологического процесса. Контрольная карта позволяет не только обнаруживать разладку процесса, но и помогает выявлять причины возникновения разладки. Кроме того, контрольная карта служит документом, который может быть использован для принятия обоснованных решений по улучшению качества продукции.

На основании анализа результатов контрольной карты может быть принято, например, решение о пересмотре допуска для контролируемого параметра, либо это может послужить достаточным основанием для замены или модернизации технологического процесса.

Современные система учёта брака позволяют достоверно анализировать критерий «качество-брак», а также наглядно объяснить работникам кто и за какие операции отвечает, на каком этапе технологической операции дефект может появиться и что делать, если появляются предпосылки дефектности. Согласно множеству стандартов, браком в производстве считаются продукты, изделия, полуфабрикаты, детали, которые не соответствуют по своему качеству установленным стандартам или техническим условиям и не могут быть использованы по прямому назначению [3].

При этом не считается браком продукция, изготовленная по особым повышенным техническим требованиям. Не относятся к браку и потери от сортности, то есть перевод продукции в низший сорт по качеству. Согласно ГОСТ 15467,предусматривается разделение брака на исправимый и неисправимый[1].

В зависимости от места обнаружения, брак подразделяется на: внутренний брак и внешний брак. Для конкретизации производственного брака можно использовать понятие несоответствие, т.е. не удовлетворение продукции установленным требованиям. В отличие от брака, дефектом является каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям, а продукция называется дефектной. Условие отсутствия брака определяется следующим неравенством:

$$d_{\min} \leq L_d \leq d_{\max},$$

где d_{\min} , d_{\max} — наименьшее и наибольшее предельно-допустимые значения параметра, задающие его допуск.

Перечень, вид и предельно-допустимые значения параметров, характеризующих дефекты, определяются показателями качества продукции и данными, приведёнными в нормативно-технической документации предприятия на изготавливаемую продукцию. Выявленный брак должен быть документально зафиксирован. В настоящее время нет унифицированной формы акта учёта брака, поэтому для организаций рекомендуется разработать ее самостоятельно, а руководитель должен утвердить её своим приказом. В акте на брак должно быть указано: наименование изделия, его номенклатурный номер причины брака, количество забракованной продукции, исправимый брак или нет, кем допущен брак и стоимость брака. Здесь уместно заострить внимание на организацию контроля продукции. Обязанности по выявлению производственного брака, лежат на отделе технического контроля (ОТК) или лаборатории по оценке.

Современная методика по учёту качества продукции предусматривает анализ и расчёт коэффициента дефектности, индекса дефектности и коэффициента сортности [1,2].

Коэффициент дефектности продукции - это средне взвешенное количество дефектов, приходящееся на единицу продукции. Для определения коэффициента дефектности берется выборка из n единиц продукции, и в ней подсчитывают все дефекты, разбитые заранее на a видов. Для каждого вида дефекта устанавливается коэффициент весомости r . Коэффициент r_1 может быть определен экспертным методом или по стоимости устранения дефекта данного вида. Коэффициент дефектности (D) вычисляют по формуле (2):

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a n r \quad (2)$$

где n - число дефектов каждого вида в выборке;
 r - коэффициент весомости.

Для наглядности и понимания ситуации возникновения дефекта, рекомендуется использовать методики построения диаграмм Паретто и Исикавы. Диаграмма Паретто – это методика, позволяющая наглядно представить основные причины возникновения проблем от второстепенных причин в соответствии с так называемым законом 80/20. Диаграмма должна иметь две вертикальных оси, которые показывают количество дефектов, а также их процент в общей системе. Подобный вид наглядного материала понятен каждому работнику, включая непосредственных исполнителей той или иной производственной операции, способной привести к появлению дефекта. Удобнее всего на диаграмме дефекты приводить в порядке убывания их процентного значения в общей сумме дефектности продукта.

Математическая обработка дефектов будет более полной, если в довершении представить причинно-следственную диаграмму Исикавы. Диаграмма представляет собой анализ связей между имеющимся фактором и причиной, вследствие которой данный фактор проявился. Причинно-

следственная диаграмма Исикавы помогает определить все факторы, влияющие на появление дефекта. На данной диаграмме можно изобразить как технологические, так и эргономические и прочие помехи. Для составления диаграмм рекомендуется использовать все возможные причины: материал, оборудование, измерение, метод, люди и менеджмент. Но также можно строить Исикаву в зависимости от степени весомости свойства продукции или её возможного дефекта [2,4].

После более полного экономического учёта дефектности продукции и причин их появления, методика рекомендует расчёт индекса дефектности – комплексного показателя качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый период времени, равный средне взвешенному коэффициенту дефектности этой продукции (3) [1]:

$$U = \sum_{i=1}^n BQ, \quad (3)$$

где Q- относительный коэффициент дефектности продукции i-го вида.

Он определяется при инспекционном контроле готовой продукции. Для этого по каждому виду дефекта находят коэффициент весомости.

Следующий коэффициент - коэффициент весомости можно вычислить в зависимости от влияющих факторов (например: количества, или стоимости или других факторов) по формуле (4):

$$B = \frac{Ci}{\sum_{i=1}^n Ci}, \quad (4)$$

где n – количество видов продукции;

C₁- стоимость продукции каждого вида.

Итоги учёту дефектности подводит расчёт коэффициента сортности продукции – отношения суммарной стоимости продукции в пересчете на наивысший сорт. Коэффициент сортности продукции. (K_c) характеризует качество всего объема продукции (5):

$$Kc = \frac{\sum_{i=1}^n CiVi}{Cn \sum_{i=1}^n Vi}, \quad (5)$$

где n - количество сортов продукции, выпускаемой предприятием;

C_i - стоимость единицы продукция i-го сорта;

V_i - объем выпущенной продукции i-го сорта;

C_n - стоимость единицы продукции наивысшего сорта.

Чем выше коэффициент сортности, тем большее количество продукции предприятия можно признать качественной, а реализация такой продукции принесёт бóльшую прибыль.

Делая заключение можно отметить, что подобные системы учёта бракованных изделий могут быть использованы на всех предприятиях, производящих любую продукцию. Современные статистические методики, предлагаемые системой Менеджмента качества удобны для использования, как в бухгалтерской работе, так и в обучении персонала предприятий. Эти методы не сложны для применения и понятны для всех заинтересованных работников.

Подобные методики экспресс-контроля дают не только наглядное представление о появлении разладок процесса, которые может привести к дефектности всей продукции, но и позволяют быстро проводить экспресс-контроль и остановить производство до начала массового брака.

Список литературы

1. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. Введен 01.01.1985. М.: Стандартиформ, 2001.С.21.
2. Грехова, О.Н.Современные аспекты учёта брака продукции на перерабатывающих предприятиях / О.Н. Грехова. Материалы международной научно-практической конференции: «Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации». Курган: Изд-во КГСХА, 2016.С. 290-293.
3. Грехова, О.Н.Совершенствование контроля технологического процесса статистическими методиками / О.Н. Грехова. Материалы международной научно-практической конференции: «Научное обеспечение реализации государственных программ поддержки АПК и сельских территорий». Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2017. С. 197-200.
4. Позднякова, Н.А.Совершенствование системы учёта брака продукции расчётными методиками / Н.А.Позднякова, О.Н.Грехова. Материалы учебно-методической конференции: «Методическая работа по актуализации действующих федеральных государственных образовательных стандартов». Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2015. С. 21-26.
5. Кане, М.М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учебник для ВУЗов / М.М. Кане, Б.В. Иванов, и др. М.: изд-во «ПИТЕР», 2008. 560с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ КОМПОЗИЦИИ БЕНТОНИТА И НАНОДИСПЕРСНОГО ПИРОУГЛЕРОДА МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

А.С. Григор, В.А. Марков, С.Ю. Ковылин*

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул), * ОП ООО «ПОЛИМЕТ» (г. Тольятти, г. Барнаул)*

Аннотация. В статье рассмотрены результаты термического разложения механоактивированной композиции бентонита и нанодисперсного пироуглерода методом дифференциально-термогравиметрического анализа.

Ключевые слова: бентонит, нанодисперсный пироуглерод, дифференциально-термогравиметрический анализ.

RESEARCH OF THE MECHANOACTIVATED COMPOSITION BENTONITE AND NANODISPERSE PYROCARBON BY METHOD DIFFERENTIAL AND THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS

A.S. Grigor, V.A. Markov, S.Ya. Kovylin*

*Altai state technical university name I. I. Polzunov (s. Barnaul, Russia)
OP ООО «POLIMET» (s. Togliatti, s. Barnaul, Russia)

Abstract. In article results of thermal decomposition of the mechanoactivated composition of bentonite and nanodisperse pyrocarbon are considered by method of the diferntzialno-thermogravimetric analysis.

Keywords: *bentonite, nanodisperse pyrocarbon, diferntzialno-thermogravimetric analysis.*

Технологические и физико-механические свойства единых песчано-глинистых смесей зависят от свойств исходных материалов. В составе формовочных смесей выделяют огнеупорную зерновую основу, глинистое связующее технологические добавки, обволакивающие поверхность зёрен и обеспечивающие превращение сыпучей смеси в прочную литейную форму.

Исходя из растущих требований к геометрической точности, сложности конфигурации отливок, получаемых в песчано-глинистых формах, возрастают и требования к формовочным материалам. Бентонит, являющийся одним из важнейших компонентов для высококачественных формовочных смесей, во многом и определяет их технологические свойства. На свойства бентонита решающее влияние оказывает содержание монтмориллонита, чем выше его содержание в бентоните, тем выше его термостойкость и лучше прочностные характеристики готовой формовочной смеси.

На сегодняшний день в литейном производстве существуют разнообразные способы улучшения технологических свойств бентонита: механические или механохимические; воздействие высокими или пониженными температурами; обработки химическими реагентами, физическими полями и комплексными методами [1].

Как известно при литье чугуна под воздействием температуры заливаемого металла формовочная смесь может прогреваться до 1000 °С в зоне контакта с отливкой и до 500 °С на глубине 30...50 мм, в результате чего бентонит теряет свои связующие способности. Помимо этого при термическом разложении углеродосодержащих материалов выделяющиеся газы полиароматических углеводородов, сернистых соединений и других примесей конденсируются в слоях формы, оказывая гидрофобное воздействие на связующую способность бентонита, его водопоглощение и коллоидные свойства. Применяемые в отечественном литейном производстве углеродосодержащие материалы действуют широким дезактивирующим образом на бентонит. Причем дезактивация бентонита растет с увеличением содержания углеродосодержащей добавки в составе смеси, поэтому для обеспечения противопопригарного действия с одновременным снижением отрицательного влияния на связующие свойства бентонита добавка должна иметь высокий выход «блестящего углерода», в результате чего снизится ее содержание в составе формовочной смеси.

Следует так же отметить, что дезактивирующее воздействие углеродосодержащих материалов на бентонит связано с величиной температуры максимальной скорости разложения углеродосодержащих материалов и температуры начала термодеструкции. Чем выше эти температуры, тем меньше будет отрицательное влияние углеродосодержащих

материалов на бентонит.

Для исследования этого явления на свойства единой формовочной смеси была выбрана углеродосодержащая добавка нанодисперсный пироуглерод (НДПУ) марки N 330. Высокие температуры получения НДПУ ($T = 1500 \dots 1600$ °С) позволяют говорить о его достаточно высокой термостойкости. НДПУ марки N 330 обладает достаточно высокой термостойкостью, в результате чего он не оказывает отрицательное влияние на связующую способность бентонита, чем традиционные углеродосодержащие добавки.

Для изучения влияния добавок НДПУ на свойства бентонита при высоких температурах были проведены исследования бентонита и механоактивированной композиций бентонита с НДПУ после прокаливании образцов при температурах от 0 до 900 °С, методом термического анализа, который основан на определении температуры, при которой нагреваемый образец претерпевает какие-либо превращения (физические или химические), сопровождающиеся выделением теплоты (экзотермическая реакция) или поглощением (эндотермическая реакция). Для определения механизма влияния добавок НДПУ на формирование свойств адгезивной оболочки песчано-глинистой смеси при воздействии на них высоких температур применялся метод дифференциально-термогравиметрического анализа (ДТГА). Метод ДТГА позволяет при подъеме температуры (T) одновременно определять дифференциальную температуру (ДТА) и термогравиметрию или потерю массы (ТГ).

Кривая ДТА выражается разностью температур в исследуемом образце и эталоне и характеризуется интенсивностью процесса, а температура, при которой наблюдается экстремальная разность, указывает условия протекания процесса. Величина площади между кривой ДТА и ее нулевой линией дает представление о величине теплового эффекта, а направление отклонения кривой указывает на эндо- или экзотермический характер эффекта.

Кривая ТГ показывает изменение массы исследуемого образца при нагревании. При совместном анализе кривых ДТА и ТГ можно получить сведения в широком интервале температур как о потере массы исследуемого образца вследствие протекания различных реакций, так и о тепловых эффектах, возникающих при этом.

Результаты исследований методом ДТГА бентонита и композиции бентонит + НДПУ в соотношении 9:1 представлены на рисунке 1.

Анализ дериватограммы чистого бентонита без предварительной термообработки (рисунок 1 – кривые 1) показал, что интенсивная потеря массы начинается уже со 120 °С кривая ТГ-1, что связано с потерей свободной воды бентонитом, данный процесс отражается в виде эндотермического эффекта на кривой ДТА-1. В интервале температур 200...500°С с бентонитом практически не происходит никаких изменений. При дальнейшем нагреве образца возникает второй эндотермический эффект с пиком при 560 °С на кривой ДТА-1, который отвечает за удаление конституционной воды, что отражается и на кривой ТГ-1 активизацией процесса потери массы.

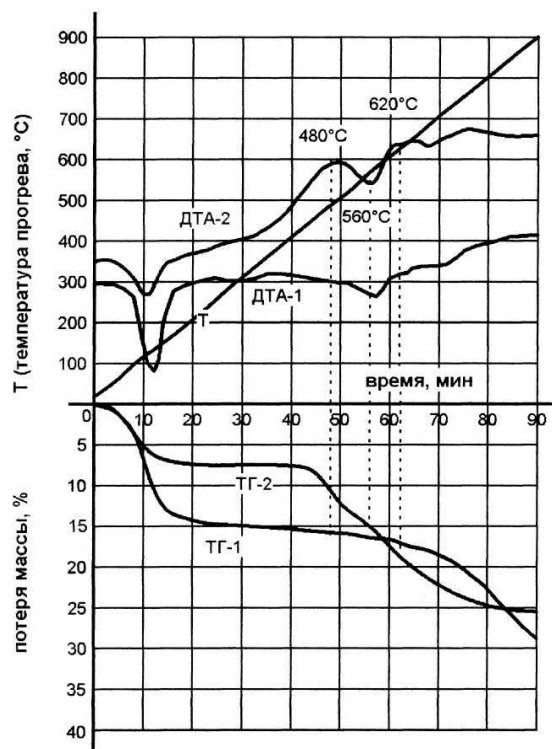


Рис. 1. Дериватограммы компонентов адгезивной оболочки при нагреве до 900 °С без предварительной термообработки: 1 – Хакасский бентонит; 2 – Хакасский бентонит (90 %) + НДПУ (10 %)

На деривтограмме (рисунок 1 – кривые 2) механоактивированной композиции бентонита с НДПУ видно, что происходит существенное изменения характера кривой потери массы ТГ-2. При 120 °С образец теряет около 7 %, в то время как чистый бентонит около 14 %. При этом на кривой ДТА-2 происходит сглаживание пика эндотермического эффекта. Интенсивная потеря массы механоактивированной композиции бентонита с НДПУ начинает наблюдаться только после 450 °С. Этот факт имеет принципиальное значение для долговечности смеси. При 480 °С на кривой ДТА-2 наблюдается экзотермический пик, связанный с окислением НДПУ. С увеличением температуры процесс окисления НДПУ интенсифицируется, о чем свидетельствует изменение наклона кривой ТГ-2 и снижения массы навески. При дальнейшем нагреве экзотермический эффект плавно перетекает в эндотермический эффект с максимумом при 560 °С, который связан с потерей конституционной воды.

По результатам дифференциально-термогравиметрического анализа можно заключить, что добавки НДПУ повышают термостойкость бентонита. В свою очередь повышение термостойкости и вяжущей способности бентонита с добавками НДПУ имеет принципиально важное значение, так как изменение механизма дегидратации глинистого связующего является ключом к пониманию механизма формирования адгезивной оболочки на поверхности зерна и ее долговечности. Долговечность адгезивной оболочки будет определять расход бентонита и НДПУ в процессе освежения.

Список литературы

1. Мамина, Л.И. Механоактивация каолиновых и бентонитовых глин для литейного производства. / Л. И. Мамина, Е. М. Лесив, А. И. Безруких // Литейное производство. – 2007. – №9. - С. 14 - 16.

СТЕРЖНЕВАЯ СМЕСЬ НА ОСНОВЕ РЕЧНОГО ПЕСКА С ДОБАВКАМИ НАНОДИСПЕРСНОГО ПИРОУГЛЕРОДА

А.С. Григор, С.Ю. Ковылин*, Д.Н. Дорохов

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(г. Барнаул), * ОП ООО «ПОЛИМЕТ» (г. Тольятти, г. Барнаул)*

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследования свойств стержневой смеси с добавками нанодисперсного пироуглерода для получения отливок из чугуна.

Ключевые слова: *лигносульфонат, нанодисперсный пироуглерод, стержневая смесь.*

CORE SAND ON THE BASIS OF RIVER SAND WITH ADDITIVES OF NANODISPERSE PYROCARBON

A.S. Grigor, S.Ya. Kovylin*, Dorokhov D.N.

*Altai state technical university name I.I. Polzunov (s. Barnaul, Russia)
OP ООО «POLIMET» (s. Togliatti, s. Barnaul, Russia)

Abstract. In article results of a research of properties of core sand with additives of nanodisperse pyrocarbon for receiving castings from cast iron are considered.

Keywords: *lignosulphonate, nanodisperse pyrocarbon, core sand.*

На современном этапе развития техники и отраслей народного хозяйства, и особенно в условиях перехода к рыночным отношениям перед литейным производством ставятся задачи повышения качества и товарного вида отливок, обеспечивающего выход на международный рынок. В этой связи литейщики разрабатывают новые технологические процессы получения отливок.

При нынешней ситуации повышения цен на материалы и энергоносители встал вопрос о нахождении более дешевого материала для изготовления форм и стержней. Этим материалом является речной песок.

Добыча и перевозка речного песка обходится дешевле и быстрее. Речной песок является песком низкого качества. Для улучшения качества отливок необходимо решить вопрос повышения качества речного песка. Основной проблемой при использовании речного песка является его низкая термостойкость, особенно при изготовлении крупных отливок сложной конфигурации, стержни и формы которых подвержены длительному термосиловому воздействию.

Реализация преимуществ песчано-глинистых смесей возможна в случае существенного улучшения их свойств и одновременной регенерации отработанных смесей.

Решение этих проблем осуществляется путем разработки новых составов

смесей с различными органическими отвердителями, модификаторами, применением речного песка с добавками НДПУ.

Добавка НДПУ применяется не только для повышения термостойкости речного песка, но и для уменьшения пригара. Как связующее для такой смеси применялась глинистая составляющая 1,5 % и лигносульфонат 3,7 %. Полученная смесь была проверена на газопроницаемость, которая составила 279, сырая прочность 0,247.

В ходе исследований рассматривалась видоизмененная смесь в сравнении с базовой смесью используемой в технологическом цикле цеха АО «Барнаултрансмаш».

Во время выполнения экспериментов соблюдались инженерные требования к используемым материалам, согласно ГОСТ.

1. Для изготовления облицовочной смеси применять речной песок.

2. Песок должен быть просеянным, влажностью не более 0,2 %, температура не более 30 °С. Содержание глины в песке не более 2 % (превышение содержания глины приводит к ухудшению физико-механических свойств смеси).

3. В качестве связующего применяли лигносульфонат.

Согласно нашим предыдущим исследованиям [1] было установлено, что по гранулометрическому составу речной песок соответствует наиболее распространенным применяемым пескам в современных чугунолитейных цехах.

При исследовании влияния количества НДПУ и времени перемешивания на влажность смеси, было установлено, что с увеличением содержания НДПУ и времени перемешивания стержневой смеси происходит снижение ее влажности (рис. 1).

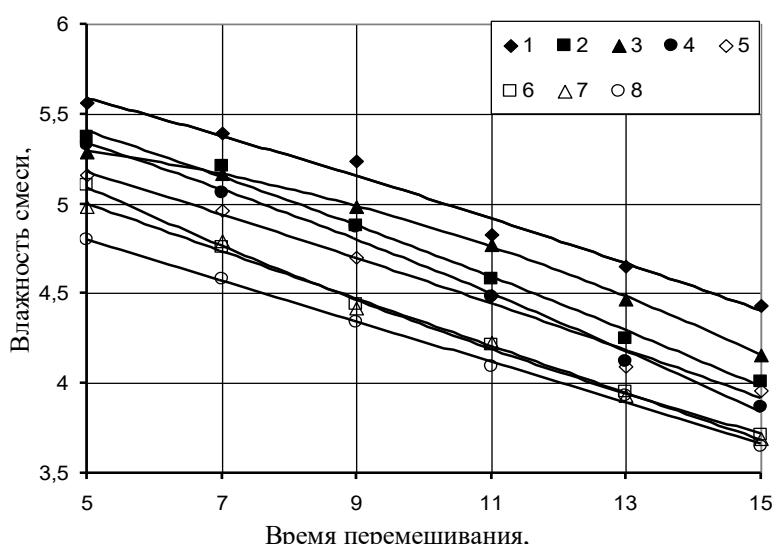


Рис. 1. Влияние времени перемешивания на влажность стержневой смеси в зависимости от содержания НДПУ: 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ; 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

Результаты испытания стержневой смеси на газопроницаемость представлены на рисунке 2. В ходе исследования влияния содержания НДПУ на газопроницаемость смеси было установлено, что при увеличении количества НДПУ и продолжительности времени перемешивания смеси происходит увеличение ее газопроницаемости.

Результаты исследования стержневой смеси на прочность при сжатие в сыром состоянии представлены на рисунке 3.

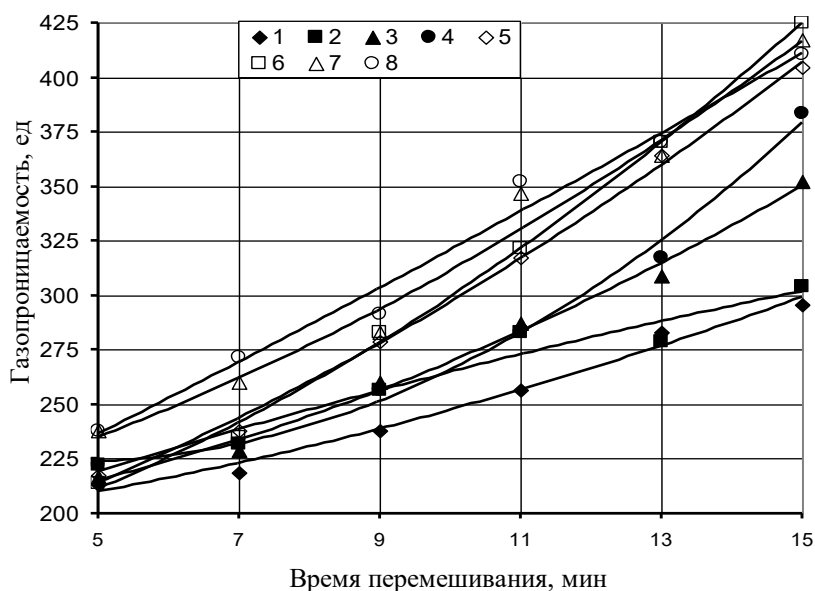


Рис. 2 – Влияние времени перемешивания на газопроницаемость стержневой смеси: 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ; 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

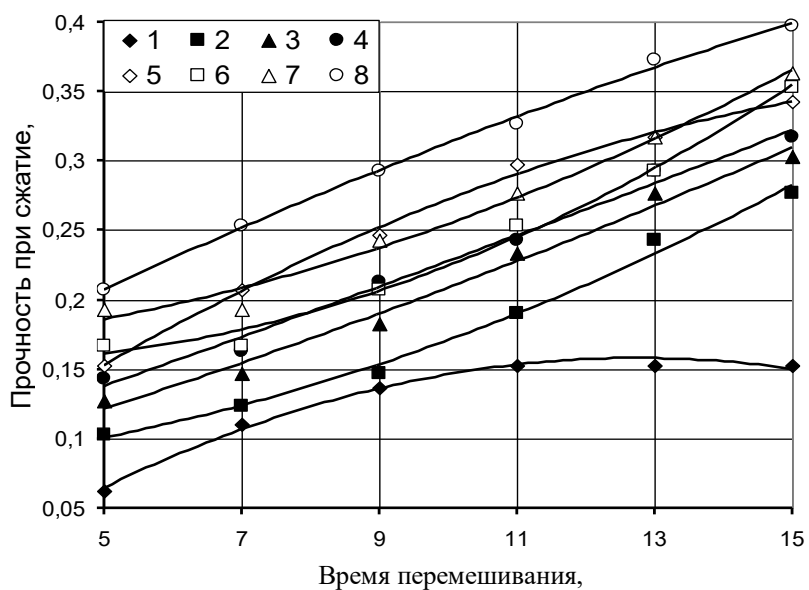


Рис. 3. Влияние времени перемешивания на прочность в сыром состоянии смеси в зависимости от содержания НДПУ: 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ; 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

В результате испытания смеси на прочность при сжатии в сыром состоянии было установлено, что сырая прочность стержневой смеси при сжатии возрастает с увеличением содержания НДПУ и продолжительности времени перемешивания.

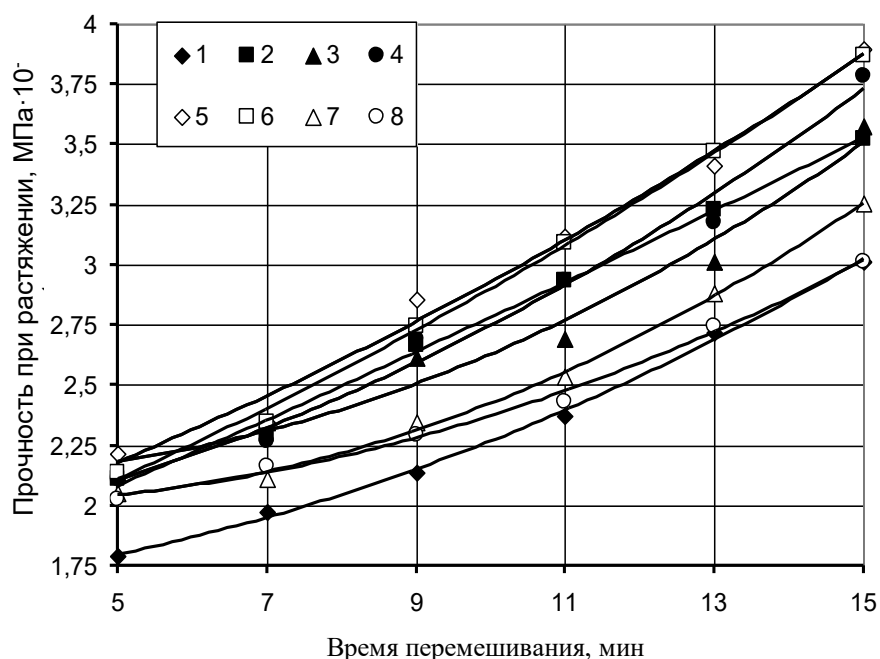


Рис. 4. Влияние времени перемешивания на сухую прочность стержневой смеси при растяжении в зависимости от содержания НДПУ:
 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ;
 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

Результаты испытания стержневой смеси на прочность при растяжении в отвержденном состоянии представлены на рисунке 4.

В результате испытания смеси на прочность при растяжении в отвержденном состоянии было отмечено, как влияние содержания НДПУ в смеси на ее прочность, так и время перемешивания. Было установлено, что оптимальное содержание НДПУ, при котором достигается наибольшая прочность в смеси при растяжении в высушенном состоянии, составляет 0,7 %, а время перемешивания 15 минут.

Пригар был оценен визуально по сравнению с базовой смесью (применяемой в литейном цехе «АО Барнаултрансмаш»). Визуально было установлено, что при заливке СЧ 20 в сырую форму, пригар на разработанной смеси был меньше, чем пригар при заливке форм из базовой смеси.

Температура расплавленного чугуна 1350 °С, температура заливаемого металла 1320 °С. Оценка чистоты поверхности производится визуально после заливки и остывания отливки. Отметим, что оптимальное содержание НДПУ лежит в пределах 0,6...0,7 %. На обратной стороне отливки соприкасающейся с формовочной смесью заметны множество газовых раковин и есть определенный пригар. Стержни не покрывались краской.

Из проведенных исследований можно сделать вывод: применение речного песка возможно в чугунолитейном производстве при добавке в смесь НДПУ. Также эффективность применения речного песка в составе стержневых и формовочных смесей подтверждается исследованиями изложенных в работе [2].

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. В результате исследований установлена принципиальная возможность применения готового НДПУ в качестве добавки улучшающей свойства речного песка. Введение НДПУ в смесь существенно не изменяет ее физико-механические свойства.

2. Экспериментально доказано, что наиболее эффективное применение речного песка наблюдается при содержании НДПУ в смеси 0,6...0,8 %, что объясняется оптимальным соотношением количества НДПУ и связующего лигносульфоната.

3. В результате исследований установлено, что речной песок, которым заменили в смеси кварцевый песок, вполне пригоден для использования в литейном производстве, но с условием образования термостойкой адгезивной оболочки, содержащей НДПУ. Замена кварцевого песка в смеси речным песком позволит сэкономить средства на приобретение формовочных материалов.

4. НДПУ, наряду с улучшением свойств речного песка и возникновением возможности применения речного песка в смеси, также устраняет накопление в оборотной смеси экологически вредных соединений, что предопределяет перспективность его применения в литейном производстве.

Список литературы

1. Григор, А.С. Применение в составе формовочных смесей речного песка с добавками механоактивированного компаунда / А.С. Григор, В.А. Марков // Теория и практика литейных процессов. Труды Всероссийской научно-практической конференции 13 – 15 июня 2012 г. Новокузнецк 2012. – С. 132-136.

2. Перспективы применения Волжских речных песков в литейном производстве / Н.А. Кидалов, Н.А. Осипова, И.Е. Поташова, Н.В. Григорьева // Литейное производство. – 2016. – №9 – С. 16-19.

ОТВЕРЖДЕНИЕ ЖИДКОСТЕКОВЫХ СМЕСЕЙ РАЗБАВЛЕННЫМ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

А.С. Григор, С.Ю. Ковылин*, А.С. Новоселов

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(г. Барнаул), * ОП ООО «ПОЛИМЕТ» (г. Тольятти, г. Барнаул)*

Аннотация. В статье рассмотрена возможность получения литейных стержней на жидком стекле отверждаемых продувкой нагретой смесью углекислого газа и сжатого воздуха.

Ключевые слова: углекислый газ, сжатый воздух, стержневая смесь, нагрев смеси газов.

HARDENING OF WATERGLASS MIXES THE DILUTED CARBON DIOXIDE

A.S. Grigor, S.Ya. Kovylin*, A.S. Novoselov

Altai state technical university name I.I. Polzunov (s. Barnaul, Russia)

**OP OOO «POLIMET» (s. Togliatti, s. Barnaul, Russia)*

Abstract. In article the possibility of receiving foundry cores on liquid glass is considered by heated mix of carbon dioxide and the compressed air cured by a purge.

Keywords: *carbon dioxide, compressed air, core sand, heating of mix of gases.*

Среди разнообразных вариантов технологии изготовления форм и стержней из смесей с жидким стеклом весьма перспективным является CO_2 – процесс. Однако из-за высокой скорости твердения и связанной с нею нестабильности процесса отверждения, заключающегося в «передуве» смеси и ее последующем разупрочнении с образованием засоров, ужимин, песочных раковин, а также из-за высокой остаточной влажности и большого расхода CO_2 (20...40 кг и более на 1 тонны отливок) этот технологический процесс недостаточно эффективен.

Существующие способы отверждения стержней и форм CO_2 не обеспечивают его полного усвоения, поэтому более половины используемого CO_2 безвозвратно теряется, загрязняя атмосферу цеха. Наиболее простым способом экономии CO_2 является снижение скорости его прохождения через смесь, однако при этом нарушается фильтрация CO_2 через слои продуваемой смеси, что влечет за собой неравномерное упрочнение стержней. Технически более сложно разбавление CO_2 каким-либо инертным по отношению к жидкому стеклу газом, например осушенным и очищенным воздухом, играющим роль носителя CO_2 и обеспечивающим его фильтрацию через поры смеси и наиболее полное усвоение.

Исследованию по использованию воздушно – углекислотой смеси для отверждения жидкостекольных смесей занимались как зарубежные, так и отечественные специалисты. В частности было установлено, что твердение происходит уже при 10 % – ном содержании CO_2 в газовой смеси. С уменьшением концентрации CO_2 для получения равной прочности необходимо увеличить длительность продувки. При содержании CO_2 50 ом % и более разница в длительности становится незначительной. При использовании высокомолекулярного жидкого стекла время твердения настолько мало, что появляется возможность сильно разбавить CO_2 .

Сокращение расхода CO_2 и его потерь является актуальной задачей, так как в ряде регионов страны снабжение заводов углекислым газом CO_2 связано с большими техническими и организационными трудностями.

По результатам исследований отечественных специалистов создана и прошла лабораторные и производственные испытания специальная установка для отверждения жидкостекольных стержней воздушно – углекислотной смесью [1]. Установка состоит из узлов подготовки воздуха и CO_2 (понижение давления и подогрев), смесителя и узла раздачи газовой смеси по рабочим

местам. Воздух под давлением 0,5...0,7 МПа поступает из заводской пневмосети. Питание установки углекислым газом осуществляли от балонной рампы под давлением 6,1 Мпа.

Для безопасной работы на ветви высокого давления устанавливали обратный клапан и предохранительный клапан. В качестве узла подготовки CO_2 использовали серийно выпускаемые рамповые кислородные редукторы и устройства подогрева CO_2 . Расход CO_2 измеряется дифманометром. Состав смеси контролируется газоанализатором. Узел раздачи воздушно-углекислотной смеси включает коллектор, систему вентиля и трубопроводов для подачи смеси к рабочим местам стерженщиков.

Увеличение прочности смеси с ростом концентрации CO_2 сразу после продувки [1] обусловлено увеличением степени разложения жидкого стекла. Для практических целей, например, для того, чтобы стержневой ящик можно было раскрыть и извлечь из него стержень, достаточна прочность около 5 кгс/см² (изготовление стержней третьего – пятого классов сложности), что соответствует ~ 50 % – ной концентрации CO_2 .

Образцы, отверждаемые комбинированным способом (продувка CO_2 в сочетании с сушкой на воздухе), продували воздушно – углекислотной смесью с концентрацией CO_2 0, 20, 40, 60, 80 и 100 %.

При длительном хранении наибольшую прочность имеет необработанная CO_2 смесь. С повышением концентрации CO_2 прочность смеси при хранении снижается. При интенсивном отверждении, когда сразу после продувки достигается высокая начальная прочность, отвержденные формы и стержни целесообразно сразу собирать и подавать под заливку. Если невозможно избежать простоя, то предпочтительно хранить формы и стержни в ожидании заливки в собранном виде, что предупреждает потерю влаги и обусловленное этим разупрочнение. Если формы и стержни были обработаны умеренной продувкой, то при их последующей выдержке прочность растет.

Оптимальная прочность ферм и стержней как сразу после отверждения, так и при длительном хранении получается в случае продувки смеси воздушно-углекислотной смесью с концентрацией CO_2 в ней 40...50 %. С повышением модуля M жидкого стекла прочность смеси снижается. Формы и стержни из смеси на высокомодульном ($M > 2,4$) жидком стекле не подлежат длительному хранению, так как их прочность при этом заметно снижается.

Технологический процесс изготовления стержней с помощью установки смешивания CO_2 с воздухом обрабатывали в 2 этапа. На первом этапе выбирали состав смеси, позволяющей уменьшить трудоемкость выбивки, снизить брак отливок по засорам и газовым раковинам, сократить расход CO_2 и облегчить ручной труд при выбивке стержней. На втором этапе находили оптимальную концентрацию CO_2 воздушно-углекислотной смеси, необходимую для отверждения стержней и устранения «передува» по сравнению с чистым CO_2 . Содержание жидкого стекла в смесях уменьшили на 25 %.

Основным фактором, влияющим на скорость отверждения, является количественный и качественный состав газовой смеси. Качественный состав определяется наличием в сжатом воздухе конденсата (влаги и масла) и твердых

включений (окалина, окислов). При использовании неочищенного сжатого воздуха происходят конденсация и накопление в стержне избыточной влаги. Опасность выделения влаги из сжатого воздуха возникает при его относительной влажности $> 30 \%$. На созданной установке достигается относительная влажность воздушно-углекислотной смеси $< 10 \%$. Для очистки магистрального сжатого воздуха и CO_2 предусмотрены пылевые фильтры, предотвращающие засорение автоматического смесителя.

Конструкция стержневых ящиков в таком случае должна предусматривать дополнительные вентиляционные устройства для беспрепятственного проникновения газа через слой отверждаемой смеси.

Таким образом, в результате проведенных работ:

- экономия CO_2 за счет его разбавления воздухом достигла 30% ;
- увеличился срок хранения стержней, улучшилось их качество;
- облегчились условия труда за счет снижения энергетических затрат на уплотнение стержневой смеси;
- повысилась активность рабочих и производительность, снизился уровень травматизма.

Список литературы

1. Отверждение жидкостекольных смесей разбавленным углекислым газом Е.А. Белобров, В.В. Чернявский и др. // Литейное производство. - 1987 г. № 2 – С. 10-12.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ

О.И. Григорьева

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

Аннотация. В статье рассмотрены перспективные методы обработки почвы и семян для интенсификации и повышения эффективности искусственного лесовосстановления. Рассмотренные технологии могут успешно применяться также при создании лесных плантаций и лесозащитных полос.

Ключевые слова: лесовыращивание, искусственное лесовосстановление, борьба с сорной растительностью, гидрогели.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN SHORT TERM PLANTATIONS

O.I. Grigoreva

St. Petersburg state forest engineering University named after S. M. Kirov

Abstract. The article deals with promising methods of soil and seed treatment to intensify and improve the efficiency of artificial reforestation. The considered technologies can be successfully applied also at creation of forest plantations and forest protection strips.

Keywords: reforestation, artificial reforestation, weed control, hydrogels.

В постсоветские годы эффективность и качество восстановления запасов хвойной древесины резко снизились, в результате чего рубки зарастают

чернолесьем, и происходит быстрое накопление низкотоварной древесины, являющейся большой проблемой лесозаготовительного производства [1].

Повышение эффективности лесовосстановительных работ должно опираться на экономическую и экологическую целесообразность выбора оптимального способа лесовосстановления для конкретных природно-производственных условий работы лесозаготовительных предприятий, а также на современные достижения науки и техники лесного комплекса и смежных отраслей [2, 3]. Одной из таких новинок является использование гидрогеля для посадки семян в сельскохозяйственном производстве.

Гидрогель – это полимеры, способные впитывать в себя большое количество воды и минеральных веществ. Эти вещества не являются ядовитыми и разлагаются в почве в течение пяти лет. В сухом виде это кристаллы белого или желтого цвета. Их применение основано на их свойстве поглощать воду. При намачивании в воде или в растворе удобрений кристаллы насыщаются водой и превращаются в желеобразную массу. Гидрогели используются в садоводстве, растениеводстве и сельском хозяйстве.

Такие компании, как Немецкие BASF и EVONIK, Американская Terawet Green Technologies Inc., Японские Nippon Shokubai, Sumitomo Seika, San-Dia Polymers, Южно-Корейская San-Dia Polymers поставляют гидрогели в Россию. Наши производители тоже не стоят на месте и наладили производство суперабсорбента в Татарстане на базе производственно-коммерческой фирмы (ПКФ) «Сингер» [4].

Всхожесть семян напрямую зависит от содержания в почве влаги, из которой они получают и питательные элементы. Для обеспечения почв влагой в аридных зонах при постоянном дефиците атмосферных осадков хорошо использовать полиакриламидные гидрогели. Гидрогель – это нерастворимый в воде сшитый сополимер акриловой кислоты и акриламида. Его особенность состоит в том, что под действием воды гранулы полимерных гелей быстро разбухают, удерживая при этом в сотни раз большее по отношению к своему весу количество воды и содержащихся в ней водорастворимых веществ. Для каждого полимера способность к набуханию может быть неодинаковой и сопровождается увеличением его объема на 1000-1500%. Способность гранул гидрогеля к разбуханию-сжатию улучшает структуру почв, способствует улучшению условий аэрации и создает постоянный запас воды в почве. Полиакриламидный полимер улучшает водно-физические свойства почвы. В почве корни питаются водой непосредственно из набухших полимерных гранул, которые, отдавая воду, возвращаются к своему исходному объему. Внесение в почвы полимерных гелей может обеспечить оптимальный рост растений за счет создания своеобразного резервуара воды непосредственно в почве.

Основными преимуществами гидрогеля растениям, для выращивания которых используется гидрогель, не страшна засуха, частота поливов уменьшается путем увеличения интервалов между ними в 2-6 раз, гидрогелем удерживается большое количество питательных веществ (удобрений), которые не вымываются из почвы. Избыточная влага, находящаяся в почве, впитывается

гидрогелем, а при этом освобождаются поры аэрации. Корням растений легко и свободно дышать, нет застоев жидкости в почве. Использование гидрогеля благоприятно влияет на существование растений, ускоряет их рост. Гидрогель повышает устойчивость растений к стрессовым ситуациям.

Гидрогели, пока, не получили широкого распространения из-за высокой стоимости и необходимости использования специального оборудования для работы с ними.

Супернабухающие полимерные гидрогели могут поглощать большие объемы воды или водных растворов. Это свойство привело ко многим практическим применениям этих новых материалов, в частности в сельском хозяйстве для повышения удержания воды почвой и обеспечения водой растений.

Наибольший опыт применения гидрогелей накоплен в сельском хозяйстве, в зонах с недостаточным увлажнением, например, Ставропольский край, Волгоградская область, республика Беларусь. Их использование позволило повысить урожайность пшеницы в среднем на 6-15%, а урожайность многолетних трав на 10%.

При этом повышение плодородия легких дерново-подзолистых почв и увеличение урожайности обеспечиваются комплексом факторов, среди которых наибольшее значение имеет минеральное и водное питание растений. К числу перспективных мелиоративных средств, расширяющих возможности управления водным режимом почв, относятся влагонабухающие полимерные гидрогели, которые многократно увеличивают объём в результате набухания, обладают высокой водосорбирующей способностью, но не растворяются. Наилучший эффект от воздействия гидрогеля на водоудерживающую способность дерново-подзолистой супесчаной почвы отмечается при его внесении в дозе 0,2%. Посев инкрустированными семенами также приводит к повышению урожайности на 10,4% по сравнению с контролем. Более эффективным и экономически оправданным агрономическим приемом с применением гидрогеля является посев инкрустированными семенами, чем внесение гидрогеля в почву [5].

Как известно, лесные культуры могут быть созданы тремя методами: посадкой, посевом и комбинированным методом [6].

Посадка является широко распространенным, надежным и экономически целесообразным методом производства культур. Безусловное предпочтение следует отдавать посадке при лесовосстановлении на богатых плодородных почвах, где травяная растительность и поросль мягколиственных пород будут сильнейшими конкурентами культивируемых растений, а выполнение многократных уходов может сильно удорожать лесокультурное производство. Для пород, медленно растущих в первые годы жизни (ель, пихта, кедр), выгоднее пройти этот период развития в питомнике, где проще механизировать работы по созданию оптимального агрофона. Посадка, особенно посадочным материалом с закрытой в субстрат корневой системой (ПМЗК), дает хорошие результаты в очень сухих условиях местопроизрастания, на площадях, подверженных водной и ветровой эрозии, на техногенно загрязненных землях.

К недостаткам метода посадки следует отнести возможную деформацию и асимметричность в развитии корневых систем, трудность доставки укрупненного посадочного материала на лесокультурную площадь, более сложную технику производства работ по закладке культур, необходимость иметь лесные питомники. Некоторые проблемы при посадке лесных культур возможно решить при использовании гидрогеля, например доставка и хранение посадочного материала, повышение приживаемости семян и саженцев, как с открытой, так и с закрытой корневой системой.

Посев по своей сути приближен к естественному природному процессу, поэтому молодые растения имеют естественное развитие корневых систем. Посев целесообразен в условиях, где не ожидается мощного развития травяного и мохового напочвенного покрова.

Недостатки посевов: медленный рост культур в первые годы и необходимость проведения частых уходов длительное время, ограниченность условий, где посевы будут надежнее посадок, большой расход семян.

Успех посевов зависит от происхождения и качества семян; от наличия и оптимального сочетания ряда экологических факторов (тепла, света, влаги, аэрации, плодородия почвы и пр.); от качества предпосевной обработки почвы и тщательности, частоты уходов за культурами. Для успешного прорастания семян необходимы оптимальные экологические условия (тепло, влажность, кислотность и пр.). Для прорастания семян свет не обязателен. Влажность для песка и супеси -15-35%. Оптимальная температура: 20-25 градусов С (от +6 до 35 градусов). Засухи, даже кратковременные, могут быть губительными для всходов. Посевы в таежной зоне рекомендуется создавать только на свежих вырубках, по сухим и свежим почвам. Не рекомендуется сеять на сырых, и мокрых, богатых и тяжелых почвах, здесь больше порослевой растительности и выше конкуренция за свет, тепло, питание. Кроме того, посевы возможны при количестве осадков более 240 мм/год и средней температуре 2 декады июля 18-28 градусов.

Комбинированный метод представляет собой разные сочетания на одной и той же площади и посева, и посадки. Наиболее часто он находит применение при создании смешанных насаждений с участием дуба.

Применение гидрогелей возможно и в лесном хозяйстве, как при посеве, так и при посадке леса. Особенно когда речь идет об искусственном лесовосстановлении и лесовозобновлении в трудных условиях, на поврежденных, сухих, загрязненных почвах.

Согласно Наставлению по лесосеменному делу в РФ, в целях стимулирования массового прорастания семян и повышения грунтовой всхожести применяют разнообразные способы предпосевной подготовки, направленные на преодоление глубокого или вынужденного семенного покоя. Эффективность действия способов зависит от видовых и биологических особенностей семян, от типа покоя и тщательности соблюдения условий подготовки.

Выбор того или иного способа предпосевной подготовки семян определяется причинами, препятствующими их прорастанию: плохой

водопроницаемостью и твердостью внешнего покрова семени (большинство видов бобовых, плодовых косточковых, липа, скумпия и др.), недоразвитостью зародыша (сосны кедровые, бересклет, некоторые виды клена, ясеня), присутствием в околоплоднике ингибиторов роста (гордовина, калина) и др. Глубина покоя семян варьирует не только у разных видов, но и в пределах одного вида и зависит от условий, в которых происходило формирование семян, степени их зрелости, длительности и условий хранения.

Применяют следующие способы предпосевной подготовки семян: стратификацию (снегование), механическое, термическое и химическое воздействие на внешние покровы семян, обработку семян микроэлементами и стимуляторами роста, звуковое, ультразвуковое и магнитное облучение, дезинфекцию и дезинсекцию семян.

В настоящее время в лесном хозяйстве стали применяться новые способы обработки семян, хорошо зарекомендовавшие себя в сельском хозяйстве.

Например, довольно широкое распространения получили так называемые плазменные семена различных овощных культур. Это семена, прошедшие плазменную активацию или обработку потоком низкотемпературной плазмы. Её биологическое действие многокомпонентно. Основными биологическими компонентами являются: поток электронов и протонов, свободные радикалы, спектр ультрафиолетового излучения, который действует стимулирующе на семена, озонирование воздуха. Эти компоненты все вместе способствуют усилению биологической активности семян. Они повышают свою всхожесть, более устойчивы к внешним стрессам. При воздействии плазмы на семя перед посевом всходы становятся более равномерными, растения менее подвергаются различным заболеваниям, становятся способными противостоять сорнякам.

Плазменная обработка направлена на изменение свойств смачивания поверхностей различных семян, приводящая к существенному увеличению скорости их прорастания, процента всхожести. Холодный процесс обработки плазмой создаёт крошечные отверстия на поверхности семечки, так что у него повышается способность поглощать больше влаги во время прорастания. Рассада или растения, выросшие из плазменных семян, крупнее по массе, имеют большую жизненную силу.

Другим огромным преимуществом холодной плазменной обработки семян является их способность противостоять болезням. Обработанные семена приобретают антимикробные, антигрибковые свойства, снижается активность любых бактерий, патогенных грибов, присутствующих на семени. Потенциал этой технологии удивителен. Учёные считают, что это поможет сохранить редкие, исчезающие виды растений. Возможно, это наше спасение от ГМО семян. Плазменные семена сохраняют свои свойства 2 года. Но это относится только к семечкам, находящимся внутри запечатанного пакета.

Люди давно заметили, что на живые существа заметно влияют различные излучения и электромагнитные поля. Поскольку в семена растений заложена вся необходимая информация об их дальнейшем развитии, начались эксперименты по воздействию на семена различных факторов, чтобы улучшить всхожесть и увеличить урожай. Было замечено, например, что

ультрафиолетовое излучение способно защитить семена от болезней. А электромагнитное воздействие нередко увеличивает жизнестойкость и повышает урожай. И, наконец, ученые обнаружили, что наилучшие результаты дает обработка семян в низкотемпературной плазме, которая возникает при электрическом разряде в газе.

Газоразрядная низкотемпературная плазма имеет заряженные (ионы и электроны), нейтральные (молекулы и атомы) различные частицы и активные частицы плазмохимических реакций, рентгеновское и ультрафиолетовое излучение. Плазма может окислять различные микроорганизмы и разрушать их оболочки и даже ДНК вирусов и бактерий. Но оставаясь при этом холодной, такая плазма не разрушит теплочувствительные материалы, что дает возможность ее широкого применения в качестве сильного стерилизатора. И в отличие от ставших традиционными способами стерилизации, газоразрядный метод стерилизации, происходящий на основе холодной плазмы обладает целым рядом отличительных преимуществ. Изначально холодные температуры, применяемые для стерилизации дают возможность стерилизовать теплочувствительные материалы. Также небольшой период воздействия на разнообразные микроорганизмы. Большой спектр агентов для стерилизации, которые включает в себя плазма с газовым разрядом (это и заряженные частицы и нейтралы и разнообразные продукты активации плазмохимических реакций, рентгеновское и ультрафиолетовое излучение) дает возможность значительно уменьшить время нужное для стерилизации это около пары тройки минут.

Благодаря плазменной обработке семян повышается пищевая ценность плодов, так, после нее у растений увеличивается накопление полезных веществ.

Плазменная обработка семян — это экологически безопасный и биологически эффективный способ регулирования роста и развития растений, их урожайности.

Применение холодной плазмы в лесном хозяйстве также может обеспечить лучшую всхожесть семян. Если посев семян происходит на вырубках, то всхожесть может варьироваться от 30 до 50%, так как семена гибнут в основном от низкой влажности, болезней, перепадов температур. Для того чтобы повысить всхожесть семян возможно применение перед посевом обработкой холодной плазмой.

В лесном хозяйстве семена, сеянцы и саженцы при посеве или посадке попадают в неблагоприятные условия среды, поэтому, чем более они будут подготовлены, тем больше вероятность их выживания.

Для уничтожения нежелательной растительности применяют различные способы. Эти способы, с одной стороны, имеют высокую эффективность, с другой стороны либо достаточно энергоемки, либо экологически опасны. В настоящее время борьба с сорной растительностью в лесном хозяйстве преимущественно основана на механических и химических методах, имеющих существенные недостатки. При механической обработке воздействие осуществляется только на вегетативную часть растений, начиная с определенной стадии развития. Покоящиеся семена сорняков сохраняют свою

жизнеспособность Химические методы борьбы с сорной растительностью также не действуют на покоящиеся семена сорняков; они загрязняют почву, окружающую среду.

Применение электрической энергии для истребления сорняков можно рассматривать как альтернативу: традиционным методам борьбы с сорной растительностью на питомниках, в теплицах и в лесных культурах; применение более экологически чистых технологий в лесном хозяйстве; возможность уничтожения вместе с сорняками вредителей и возбудителей болезней лесных растений.

В связи с этим, разрабатываются эффективные и экологически чистые способы, к которым использование электрической энергии, в частности переменного тока высокого напряжения, высоковольтных импульсных воздействий, электростатических полей высокого напряжения и электромагнитных полей сверхвысокой частоты (СВЧ) [7, 8].

Научное обоснование, разработка и внедрение альтернативных технологий и средств борьбы с сорной растительностью является важной научной проблемой, от решения которой зависит экологическая безопасность общества.

Одним из новых, безвредных для окружающей среды и человека методов борьбы с сорной растительностью является воздействие потоком электромагнитной энергии (ЭМЭ) сверхвысокой частоты (СВЧ) на всходы сорняков, их семена и вегетативные органы размножения, находящиеся в почве [9].

При изучении механизма разрушения живых растительных тканей установлено, что разрушающее воздействие на растительные ткани оказывают несколько факторов, основные из которых: ток проводимости; энергия поляризации; энергия объемного заряда, переходящая в искровой разряд на границах раздела неоднородных сред. Соотношение этих факторов зависит от величины напряжения, вида и возраста растения. Переменный ток высокого напряжения вызывает повышенную напряженность электрического поля и увеличение объемного заряда на границах неоднородных сред живых растительных тканей. Время гибели живой растительной ткани зависит от вида и возраста растений, а также величины приложенного напряжения [10].

Процесс повреждения растительной ткани при воздействии на нее высокого напряжения протекает следующим образом. Когда к каким-то двум участкам стебля растения подведено напряжение, то вся ткань стебля между точками подведения окажется под действием сил электрического поля. Поскольку основой строения и жизнедеятельности стебля любого растения является растительная клетка, то и результат действия электрического поля на растительную ткань будет определяться именно реакцией клеток на это воздействие.

Отечественными учеными разработаны различные виды электропропольщиков. Например, Полевиком Н.Д. был изготовлен макетный образец мобильной полевой СВЧ-установки, по результатам испытаний которого в НИИ по измерительной технике (НИИИТ), при финансовой поддержке ПО «Полет» (г. Челябинск), был разработан и изготовлен опытный

образец мобильной полевой СВЧ-установки для обработки почвы «Импульс-1». Излучающая система состоит из шести устройств ввода СВЧ-энергии в почву, расположенных в один ряд. Каждое устройство состоит из восьми излучающих элементов, представляющих собой однонаправленные волноводные излучатели с эллиптической поляризацией ЭМВ правого направления вращения. КСВН волноводных излучателей не более 1,5 [11].

Полевые исследования проводились в течение четырех лет (1988 -1992 гг.) в условиях северной лесостепной зоны Челябинской области. Из них три года исследования проводились в ЧНИИСХ. Исследования показали следующее; воздействие СВЧ-энергии на сорняки и почву носит универсальный характер, стимуляция прорастания сорняков сопровождается стимуляцией микробиологической активности почвы, однократная обработка почвы низкочастотной последовательностью пачек радиоимпульсов обеспечивает эффективную стимуляцию прорастания сорных растений при Π - 17 Вт/см², дальнейшее увеличение Π эффекта не дало.

Однократная обработка почвы установкой «Импульс-1». увеличивает ее микробиологическую активность (отмечено увеличение в 1,3-4,2 раза численности микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота); снижает численность грибов, увеличивает ферментативную активность и содержание в почве общего гумуса, нитратного азота и подвижного фосфора (P2 O5) [12].

Список литературы

1. Куницкая, О.А. Проблема заготовки и обработки низкотоварной древесины в Российской Федерации / О.А. Куницкая, С.С. Бурмистрова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 2-3 (7-3). С. 78-82.
2. Григорьев, И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И. Технология и машины лесовосстановительных работ /И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, А.И. Никифорова/СПб.: Издательство «Лань», 2015. -272 с.
3. Сафин, Р.Р. Технология и машины лесовосстановительных работ / Р.Р. Сафин, И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, Е.Ю. Разумов – М.: Деревообрабатывающая промышленность, 2015. – 230 с.
4. Григорьева, О.И. Перспективы применения гидрогелей в лесном хозяйстве // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы II международного научно-практического форума. 2017. С. 175-179.
5. Околелова, А.А. Применение гидрогеля в почвах/А.А. Околелова. Волгоград: ИПК ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ «Нива», 2016. - 131 с.
6. Сафин, Р.Р. Основы лесного хозяйства / Р.Р. Сафин, И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, Е.Ю. Разумов – М.: Деревообрабатывающая промышленность, 2015. – 170 с.
7. Попов, В.М. Методика оценки оптимальных параметров электропропольщика /В.М. Попов // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1996, № 7. С. 7-10.

8. Попов, В.М. Импульсный источник электрической энергии для электроразрядного пропольщика /В.М. Попов, Бурлаков Э.Ю. // Вестн. ЧГАУ. Т. 25, 1998. С.25-28.

9. Таскаева, А.Г., Электрический ток уничтожает сорные растения /А.Г. Таскаева, Попов В.М./ Агро XXI Век, издательство АГРОРУС, 1999. № 2. С. 18-22.

10. Григорьева, О.И. Перспективные средства борьбы с сорной растительностью с использованием электрической энергии /О.И. Григорьева // Леса России: политика, промышленность, наука, образование Материалы второй: Международной научно-технической конференции. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. С. 56-59.

11. Пряхин, Е.А. Оценка биологических эффектов электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с различной пространственной поляризационной структурой/Е.А. Пряхин, Н.Д. Полевик // Вестник ЧГПУ 2005 №7. С. 12-15.

12. Изаков, Ф Я., Нетрадиционные СВЧ-технологии для экологически чистого земледелия /Ф.Я. Изаков, Н.Д. Полевик, Б.В. Жданов // Микроволновые технологии в народном хозяйстве Внедрение Проблемы Перспективы Одесса: ОКФА, 1996. С. 5-9.

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В РЯДАХ МАЛИНЫХ

А.М. Гринь

Брянский государственный аграрный университет

Аннотация. Проанализированы существующие технологии и технические средства борьбы с сорной растительностью в рядах малины. Предложены авторская методика исследований, технические решения для повышения эффективности внесения гербицидов в ряды малины и результаты производственных испытаний опытного образца.

Ключевые слова: *ряды малины, сорняки, технологии, обработка почвы, гербициды, опрыскиватель, результаты испытаний.*

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS OF COMBATING WEEDS IN THE RANKS OF THE RASPBERRY

A.M. Grin

Bryansk State Agrarian University

Abstract. Analysed existing technologies and technical means of combating weeds in the ranks of the raspberry. Proposed research methodology, technical authoring solution for improving the efficiency of making herbicides in the ranks of the raspberries and performance test results of the prototype.

Keywords: *rows of raspberries, weeds, technology, tillage, herbicides, sprayer, the results of the tests.*

Основным недостатком разновидностей традиционной технологии возделывания малины в различных странах и климатических зонах является преобладание ручного труда при выполнении всего комплекса операций по уходу за растениями. Борьба с сорной растительностью при традиционной технологии проводится в форме трудоёмкой ручной прополки.

Менее трудозатратным способом является удаление сорняков в рядах культурных растений с помощью специальных почвообрабатывающих орудий. В настоящее время исследован процесс ухода за межкустовой зоной на ягодниках [1], разработаны и исследованы почвообрабатывающие орудия [2, 3, 4] и оригинальный рабочий орган [5], позволяющие обеспечить доступность в прикустовую зону культурных растений, снизить трудоёмкость и повысить качество уничтожения сорной растительности, взрыхлить и выровнять почву с минимальным повреждением корневой системы насаждений.

Однако, почвенные обработки с помощью средств малой механизации недостаточно эффективны и дороги, а использование широкозахватных высокопроизводительных почвообрабатывающих машин на плантациях малины невозможно из-за особенностей расположения культурных растений. Многими учёными признана необходимость сочетания агротехнических методов борьбы с сорной растительностью с химическими методами.

Одним из важнейших элементов повышения эффективности борьбы с сорной растительностью в рядах культурных растений химическим способом является обоснование рациональных конструктивно-режимных параметров технических средств внесения гербицидов. По данным [6] при использовании существующей техники только до 40% действующего вещества препаратов попадает на целевой объект, а остальное количество рассеивается в окружающей среде, загрязняя её.

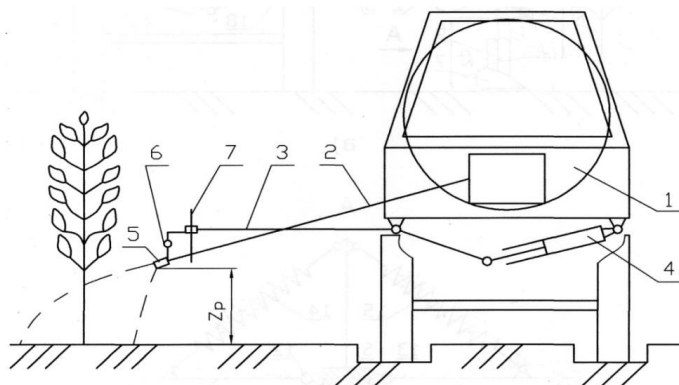
Нами проанализирована отечественная и иностранная научная литература, материалы международных выставок, научных конференций, технические описания и рекомендации по режимам работы опрыскивателей отечественных фирм и ведущих фирм развитых стран, выполнен патентный поиск.

Предметами исследований учёных и конструкторов, в основном, являются четыре участвующих в технологическом процессе субъекта: опрыскиватель, как машинно-тракторный агрегат; рабочий раствор пестицида; окружающая среда, характеризующаяся состоянием почвы, температурой, влажностью, характером движения и скоростью воздушных потоков; целевой объект обработки, характеризующийся пространственным расположением, свойством поверхности и т.д. По этим направлениям нами исследована и систематизирована связь опрыскивающего агрегата с окружающей средой [7] и выполнено прогнозирование равномерности осаждения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя [8].

С целью повышения равномерности внесения гербицидов в ряды малины в специфических условиях плантации, нами обоснован рациональный тип распылителя [9].

На основе патентного поиска разработаны, защищённые патентами [10, 11, 12], конструкции опрыскивателей и гаситель колебаний штанги [13].

Опрыскиватели с безопорной (рис. 1) и опорной (рис. 2) штангой, позволяют качественно вносить гербициды в ограниченное пространство рядов малины, ниже листовой зоны культурных растений, при движении по неровностям рельефа с образованием и без образования колеи.



1 – ёмкость; 2 – подводящий шланг; 3 – безопорная штанга; 4 – гидроцилиндр;
5 – распыливающая головка; 6, 7 – регулировочные шарниры.

Рис. 1. Схема опрыскивателя с безопорной штангой

Представленный на (рис. 1) опрыскиватель позволяет выдерживать допустимый диапазон колебаний распыливающей головки вне зависимости от неровностей почвы в прикустовой зоне малины и адаптироваться к различным условиям работы за счёт регулировочных шарниров.

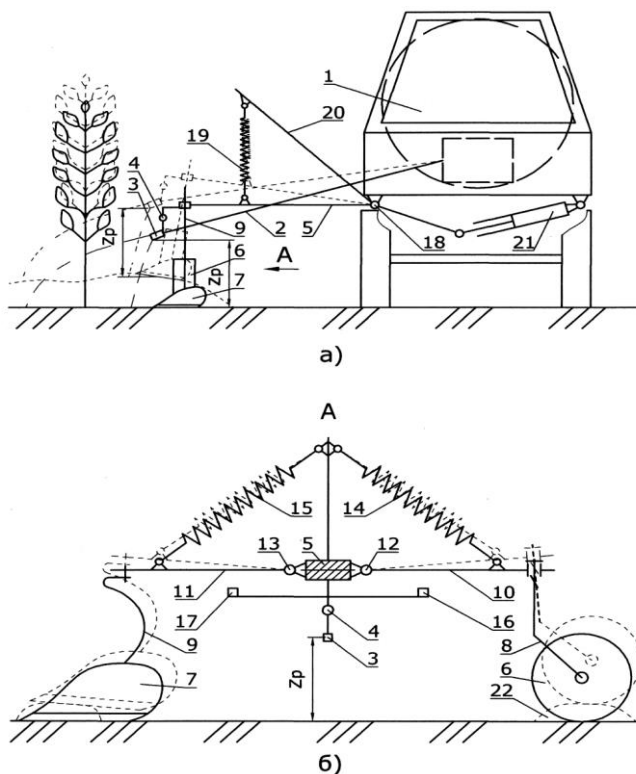


Рис. 2. Схема опрыскивателя с опорной штангой (обозначения в тексте)

Опрыскиватель, изготовленный по схеме на (рис. 2) позволяет снизить диапазон колебаний распыливающей головки 3 за счёт опорного механизма копирования (рис. 2,б) и одновременного выравнивания микрорельефа почвы лапой-отвальчиком 7 перед опорным колесом 6.

Вариант опрыскивателя с безопорной штангой явился объектом дальнейших исследований. Изготовленный опытный образец опрыскивателя с оптимизированными конструктивными параметрами испытан на плантации малины в крестьянско-фермерском хозяйстве «Ягодное» Выгоничского района Брянской области (рис. 3) на площади 5 га.

На плантации были выделены контрольные, а также опытные деланки, обработанные экспериментальным опрыскивателем.

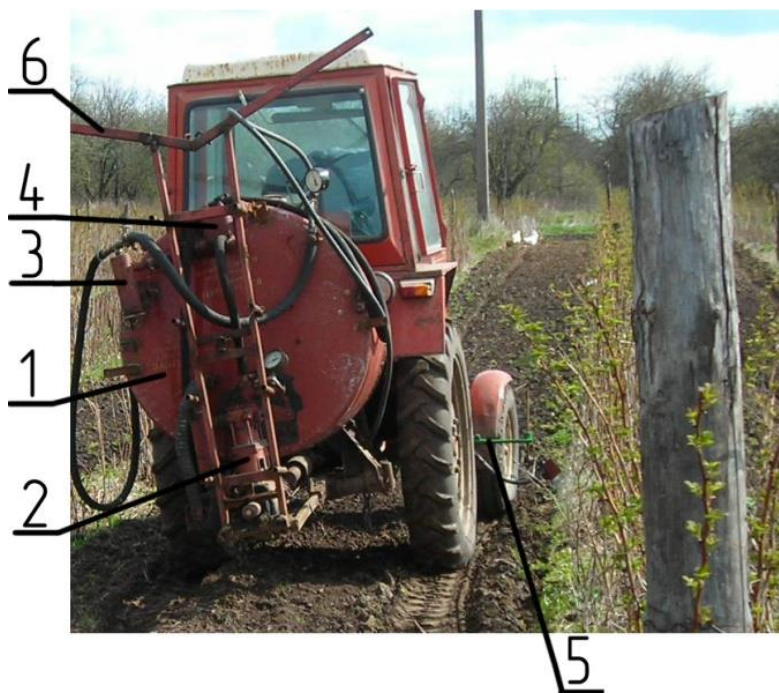


Рис. 3. Опытный экземпляр опрыскивателя в работе на плантации КФХ «Ягодное», вид сзади

1 - ёмкость; 2 – насос; 3 –фильтр; 4 – регулятор-распределитель; 5 – штанга; 6 – универсальная рама.

На деланках, обработанных экспериментальным вариантом опрыскивающего агрегата наблюдалась полная гибель сорных растений.



Рис. 4. Вид на семнадцатый день делянки №14, обработанной опытным опрыскивающим агрегатом

1 – погибшие сорные растения в ряду; 2 – единственный молодой побег малины с пожелтевшими листьями; 3 – сорные растения за пределами обработанной делянки

Модернизация опрыскивателя для внесения гербицидов в ряды малины и разработка новой конструкции штанги с соблюдением полученных оптимальных значений регулировочных и режимных параметров позволили:

- снизить затраты труда уничтожения сорняков в рядах малины на 30,4%;
- повысить производство продукции за счёт повышения урожайности на 11,5%.

Список литературы

1. Блохин, В.Н. Исследование процесса и рабочего органа для ухода за междустовой зоной на ягодниках. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства и питомниководства. Москва, 1993

2. Фреза с вертикальной осью вращения: пат. на полезную модель 173801 / В.Н. Блохин, А.М. Случевский, С.И. Роганков, Н.М. Кувшинов, А.Ф. Ковалев, Н.А. Лаптева; опубл. 19.01.2017, Бюл. № 26.

3. Ротационное почвообрабатывающее орудие: пат. 2606287 Рос. Федерация. / В.Н. Блохин, В.В. Никитин, Н.А. Романеев, Н.В. Синяя; заявл.03.08.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.

4. Почвообрабатывающая фреза с вертикальной осью вращения: пат. на полезную модель 179945 / В.Н. Блохин, А.М. Случевский, С.И. Роганков, Н.М. Кувшинов, А.Ф. Ковалев, Н.А. Лаптева; опубл. 29.05.2018, Бюл. № 16.

5. Ротор почвообрабатывающей фрезы с вертикальной осью вращения: пат. на полезную модель 178247 / В.Н. Блохин, О.Н. Бердышева, Н.А. Лаптева, Г.В. Орехова, Н.М. Кувшинов, А.М. Случевский; опубл. 28.03.2018, Бюл. № 10.

6. Безуглов, В. Г. Анализ технологий и техники для внесения химических средств защиты растений / В. Г. Безуглов // Техника и оборудование для села. 2003. №7. С. 7-10.

7. Кузнецов, А.В. Информативная модель взаимодействия опрыскивающего агрегата и пестицидов с окружающей средой / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, Е.В. Кузнецов, А.К. Лысов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 12. С. 8-10.

8. Кузнецов, А.В. Прогнозирование равномерности осаждения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов Е.В. Кузнецов, А.К. Лысов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 1. С. 22-24.

9. Кузнецов, В.В. Обоснование рационального типа распылителя для внесения гербицидов в ряды малины. / В.В. Кузнецов, А.В. Кузнецов, Е.В. Кузнецов // Вестник ФГБОУ ВПО БГСХА. №6, 2011. – С.68-74.

10. Опрыскиватель: пат. 2403987 Рос. Федерация. / В.Н. Ожерельев, В.В. Кузнецов, М.В. Ожерельева, Л.П. Кравцова; опубл. Опубл. 20.11.10, Бюл. №32.

11. Машина для борьбы с сорняками: пат. на полезную модель 69706 / Е.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, В.А. Ермичев, А.В. Кузнецов; Опубл. 10.01.2008, Бюл. №1.

12. Машина для борьбы с сорняками в защитной зоне. пат. на полезную модель 74763 / Е.В. Кузнецов, В.А. Ермичев, В.Н. Ожерельев, А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, Опубл. 20.07.2008, Бюл. №20.

13. Гаситель угловых колебаний. пат. на полезную модель 70951 / А.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, В.Н. Ожерельев, Е.В. Кузнецов. Опубл. 20.02.2008, Бюл. №5.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА МНОГОКОРПУСНОЙ ВАКУУМНОЙ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ РОТОРНОГО РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ИСПАРИТЕЛЯ

В.В. Гриценко, Л.В. Гриценко

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация. В данной работе описана программа расчета многокорпусной вакуумно-выпарной установки на базе роторного распылительного испарителя.

Ключевые слова: Горячий теплоноситель, теплообмен, коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопередачи.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CALCULATION OF A MULTIPLE VACUUM STEAM INSTALLATION ON THE BASIS OF A ROTARY SPRAYER EVAPORATOR

V.V. Gritsenko, L.V. Gritsenko

Abstract. This paper describes a program for calculating a multi-unit vacuum evaporation unit based on a rotary spray evaporator.

Keywords: *Hot coolant, heat transfer, heat transfer coefficient, heat transfer coefficient.*

На данный момент в развивающемся мире автоматизированные системы заняли прочное место на рынке IT – услуг. Прежде всего это обусловлено тем, что процесс автоматизации сокращает временные затраты на рутинные вычисления, вследствие чего уменьшается риск возникновения непреднамеренных ошибок, связанных с длительными и сложными многоходовыми расчетами, к коим, например, относятся расчеты теплообменных аппаратов, обретающих все более широкое применение в машинно-аппаратурном оформлении процессов производства жидких концентрированных пищевых продуктов [1, 2, 3].

Проблема автоматизации процесса проектирования выпарной установки на базе роторного распылительного испарителя рассматривалась ранее в работах [4, 5], этой же тематике посвящена и данная статья.

Алгоритм расчета выпарной установки задает порядок определения количества выпарных аппаратов – роторных распылительных испарителей (РРИ) в установке и их геометрические параметры.

Алгоритм расчета выпарной установки состоит из трех частей. В первой части выполняется предварительный расчет РРИ (определяются площадь теплообменной поверхности, основные и габаритные размеры аппарата). Если габариты РРИ по своим значениям удовлетворяют требованиям по размещению установки на производственном участке (по высоте), а также требованиям к технологичности (простоте изготовления) конструкции, то принимается решение о конструировании однокорпусной выпарной установки на базе РРИ с полученными в результате проведенного расчета размерами. Описание этой части алгоритма расчета и программного обеспечения для автоматизации его проведения представлены в работах [4] и [5].

Если же высота помещения цеха не позволяет разместить в нем РРИ с рассчитанными размерами или изготовление РРИ с такими размерами довольно проблематично (с технологической точки зрения), то принимается решение о конструировании многокорпусной выпарной установки и выполняется вторая часть расчета – определение количества корпусов (основных аппаратов) в установке и расчет их геометрических параметров. Описанию этой части посвящена данная работа.

Количество корпусов в выпарной установке принимается исходя, в первую очередь, из технико-экономических соображений (малое количество корпусов может не обеспечить существенного уменьшения высоты установки, а слишком большое их количество – к неоправданно высокой стоимости установки).

Обычно количество корпусов в многокорпусной выпарной установке лежит в пределах $x = 3 \dots 7$ [6].

Начинать подбор количества корпусов надо с меньших чисел с последующим расчетом высоты выпарных аппаратов. В конечном итоге количество корпусов в установке должно соответствовать оптимальной высоте РРИ.

Задавшись количеством корпусов в установке, например $x = 3$, необходимо произвести распределение нагрузки по удалению растворителя из исходного продукта, в массовом выражении, по корпусам. Данное распределение следует производить исходя из тех соображений, что, чем больше в выпариваемом продукте растворителя, тем «легче» протекает процесс его выпаривания. Поэтому, большее количество выпаренного растворителя нужно распределять на первый корпус, меньшее – на последний. Запись распределения нагрузки выглядит следующим образом:

$$I : II : \dots : x = \chi_I : \chi_{II} : \dots : \chi_x, \quad (1)$$

где I, II, ..., x – номера корпусов выпарной установки, $\chi_I, \chi_{II}, \dots, \chi_x$, – массовые доли выпариваемого растворителя по соответствующим корпусам.

По данным проведенных экспериментальных исследований [1] рекомендуется, например для 3-х корпусной выпарной установки следующая паровая нагрузка по корпусам: I : II : III = 0,45 : 0,33 : 0,22.

В общем случае количество выпаренного растворителя (производительность по пару) в i -м корпусе определяется по формуле [7]

$$G_{\text{конд},i} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot \chi_i}{(\chi_I + \chi_{II} + \dots + \chi_x)}, \text{ кг/с.} \quad (2)$$

Для нашего примера, при $x = 3$, производительность по пару в корпусах:

$$\text{I корпус} \quad G_{\text{конд},I} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot 0,45}{(0,45 + 0,33 + 0,22)}, \text{ кг/с;}$$

$$\text{II корпус} \quad G_{\text{конд},II} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot 0,33}{(0,45 + 0,33 + 0,22)}, \text{ кг/с;}$$

$$\text{III корпус} \quad G_{\text{конд},III} = \frac{G_{\text{конд}} \cdot 0,22}{(0,45 + 0,33 + 0,22)}, \text{ кг/с.}$$

По окончании расчетов необходимо выполнить проверку на соблюдение условия:

$$G_{\text{конд},I} + G_{\text{конд},II} + G_{\text{конд},III} = G_{\text{конд}}, \text{ кг/с,} \quad (3)$$

где $G_{\text{конд}}$ – производительность выпарной установки по выпаренному растворителю (конденсату), кг/с, которая определяется из уравнения материального баланса.

Для определения конечной концентрации продукта на выходе из i -го корпуса необходимо вначале найти производительность последнего по продукту:

$$G_{K,i} = G_{H,i} - G_{\text{конд},i} = G_{K,i-1} - G_{\text{конд},i}, \text{ кг/с.} \quad (4)$$

Для нашего примера, при $x = 3$, производительность по продукту в корпусах:

$$\text{I корпус} \quad G_{K.I} = G_H - G_{\text{КОНД.I}}, \text{ кг/с};$$

$$\text{II корпус} \quad G_{K.II} = G_{K.I} - G_{\text{КОНД.II}}, \text{ кг/с};$$

$$\text{III корпус} \quad G_{K.III} = G_{K.III} - G_{\text{КОНД.III}}, \text{ кг/с}.$$

По окончании расчетов необходимо выполнить проверку на соблюдение условия:

$$G_{K.III} = G_K, \text{ кг/с.} \quad (5)$$

где G_K – массовая производительность выпарной установки по конечному продукту (на выходе из последнего корпуса), кг/с, (задается изначально); G_H – массовая производительность выпарной установки по исходному продукту (на входе в первый корпус), кг/с, которая определяется из уравнению материального баланса.

Концентрация сухих растворимых веществ в продукте на выходе из i -го корпуса выпарной установки в общем случае определяется из материального баланса

$$\left. \begin{array}{l} \text{по полезному веществу : } G_{K.i-1} \cdot C_{\text{СВ.K.i-1}} = G_{K.i} \cdot C_{\text{СВ.K.i}} \\ \text{по всей системе : } G_{K.i-1} = G_{K.i} + G_{\text{КОНД.i}} \end{array} \right\}, \quad (6)$$

по формуле:

$$C_{\text{СВ.Ki}} = \frac{G_{K.i-1} \cdot C_{\text{СВ.K.i-1}}}{G_{K.i}}, \text{ \% масс.} \quad (7)$$

Для нашего примера, при $x = 3$, концентрация сухих растворимых веществ в продукте на выходе из корпусов:

$$\text{I корпус} \quad C_{\text{СВ.K.I}} = \frac{G_H \cdot C_{\text{СВ.H}}}{G_{K.I}}, \text{ \% масс.};$$

$$\text{II корпус} \quad C_{\text{СВ.K.II}} = \frac{G_{K.I} \cdot C_{\text{СВ.K.I}}}{G_{K.II}}, \text{ \% масс.};$$

$$\text{III корпус} \quad C_{\text{СВ.K.III}} = \frac{G_{K.II} \cdot C_{\text{СВ.K.II}}}{G_{K.III}}, \text{ \% масс.}$$

По окончании расчетов необходимо выполнить проверку на соблюдение условия:

$$C_{\text{СВ.K.III}} = C_{\text{СВ.K}}, \text{ \% масс.} \quad (8)$$

где $C_{\text{СВ.K}}$ – концентрация сухих растворимых веществ в конечном продукте (на выходе из последнего корпуса), % масс. (задается изначально); $C_{\text{СВ.H}}$ – концентрация сухих растворимых веществ в исходном продукте (на входе в первый корпус), % масс., которая также задается изначально.

Объемная $V_{СП}$ и массовая $G_{СП}$ производительности установки по выпаренному спирту (второму компоненту растворителя) также задается изначально.

Распределение нагрузки по выпариваемому спирту по корпусам выпарной установки следует производить исходя из тех соображений, что, чем больше в выпариваемом продукте легколетучего компонента, тем «легче» протекает процесс его выпаривания.

Исходя из результатов проведенных экспериментальных исследований [1] рекомендуется, например для 3-х корпусной выпарной установки следующая нагрузка по выпариваемому спирту по корпусам: I : II : III = 0,5 : 0,33 : 0,17.

В общем случае количество спирта в выпаренном растворителе (производительность по спирту) в i -м корпусе определяется по формуле [7]

$$G_{СП.КОНД.i} = \frac{G_{СП} \cdot \chi_i}{(\chi_I + \chi_{II} + \dots + \chi_x)}, \text{ кг/с.} \quad (9)$$

Для нашего примера, при $x = 3$, производительность по спирту в конденсате в корпусах:

$$\text{I корпус} \quad G_{СП.КОНД.I} = \frac{G_{СП} \cdot 0,5}{(0,5 + 0,33 + 0,17)}, \text{ кг/с;}$$

$$\text{II корпус} \quad G_{СП.КОНД.II} = \frac{G_{СП} \cdot 0,33}{(0,5 + 0,33 + 0,17)}, \text{ кг/с;}$$

$$\text{III корпус} \quad G_{СП.КОНД.III} = \frac{G_{СП} \cdot 0,17}{(0,5 + 0,33 + 0,17)}, \text{ кг/с.}$$

По окончании расчетов необходимо выполнить проверку на соблюдение условия:

$$G_{СП.КОНД.I} + G_{СП.КОНД.II} + G_{СП.КОНД.III} = G_{СП}, \text{ кг/с.} \quad (10)$$

Массовая концентрация спирта в конденсате $C'_{СП.КОНД.i}$ на выходе i -го корпуса в общем случае определяется из пропорции

$$\left. \begin{array}{l} G_{КОНД.i} - 100\% \\ G_{СП.КОНД.i} - C'_{СП.КОНД.i} \end{array} \right\}.$$

Для нашего примера, при $x = 3$, массовая концентрация спирта в конденсате по корпусам:

$$\text{I корпус} \quad C'_{СП.КОНД.I} = \frac{G_{СП.КОНД.I}}{G_{КОНД.I}} \cdot 100, \text{ \% масс.};$$

$$\text{II корпус} \quad C'_{СП.КОНД.II} = \frac{G_{СП.КОНД.II}}{G_{КОНД.II}} \cdot 100, \text{ \% масс.};$$

$$\text{III корпус} \quad C'_{СП.КОНД.III} = \frac{G_{СП.КОНД.III}}{G_{КОНД.III}} \cdot 100, \text{ \% масс.}$$

Объемные концентрации спирта в конденсате $C_{СП.КОНД.I}$, $C_{СП.КОНД.II}$, и $C_{СП.КОНД.III}$ на выходе соответственно из I, II, и III корпусов установки определяются по справочным данным [8, стр. 82].

Массовая концентрация спирта в упариваемом продукте на выходе i -го корпуса установки в общем случае определяется из уравнения материального баланса по спирту:

$$G_{H,i} \cdot C'_{СП.Н,i} = G_{K,i} \cdot C'_{СП.К,i} + G_{КОНД,i} \cdot C'_{СП.КОНД,i}, \quad (11)$$

$$C'_{СП.К,i} = \frac{G_{H,i} \cdot C'_{СП.Н,i} - G_{КОНД,i} \cdot C'_{СП.КОНД,i}}{G_{K,i}}, \% \text{ масс.} \quad (12)$$

Для нашего примера, при $x = 3$, массовая концентрация спирта в упаренном продукте по корпусам:

$$\text{I корпус} \quad C'_{СП.К.I} = \frac{G_H \cdot C'_{СП.Н} - G_{КОНД.I} \cdot C'_{СП.КОНД.I}}{G_{K.I}}, \% \text{ масс.};$$

$$\text{II корпус} \quad C'_{СП.К.II} = \frac{G_{K.I} \cdot C'_{СП.К.I} - G_{КОНД.II} \cdot C'_{СП.КОНД.II}}{G_{K.II}}, \% \text{ масс.};$$

$$\text{III корпус} \quad C'_{СП.К.III} = \frac{G_{K.II} \cdot C'_{СП.К.II} - G_{КОНД.III} \cdot C'_{СП.КОНД.III}}{G_{K.III}}, \% \text{ масс.}$$

Массовую концентрацию спирта в исходном продукте $C'_{СП.Н}$ можно определить экспериментально или (приблизительно) по формуле

$$C'_{СП.Н} = \frac{G_{СП}}{G_H} \cdot 100, \% \text{ масс.}, \quad (13)$$

или по справочным данным [8, стр. 82].

Объемные концентрации спирта $C_{СП.К.I}$, $C_{СП.К.II}$ и $C_{СП.К.III}$ в упаренном продукте по корпусам определяются экспериментально, либо ориентировочно – из справочной информации [8, стр. 82], в соответствии с рассчитанными значениями массовых концентраций $C'_{СП.К.I}$, $C'_{СП.К.II}$ и $C'_{СП.К.III}$.

При производстве безалкогольных продуктов, массовая и, соответственно, объемная концентрации спирта в конечном продукте (на выходе из последнего корпуса установки) должны быть равны нулю. Это является показателем правильности проведенных расчетов.

Определение основных тепловых и геометрических параметров РРИ производится для каждого корпуса выпарной установки по методике, изложенной в источниках [4, 5].

Если полученная в результате расчетов максимальная высота $H_{РРИ}$ удовлетворяет условиям размещения установки на производственных площадях, то принятое ранее количество корпусов в ней принимается для дальнейших расчетов. Если же высота РРИ любого из корпусов установки не удовлетворяет оговоренным выше условиям, то количество корпусов увеличивается и производится новый расчет многокорпусной выпарной установки (вторая часть алгоритма).

Далее, из полученных в результате расчета данных выбирается диаметр контактного элемента (КЭ) РРИ – D_K (внутренний диаметр РРИ) для каждого корпуса выпарной установки. При выборе D_K рекомендуется руководствоваться

принципом взаимозаменяемости аппаратов, т.е предпочтительно, чтобы РРИ по корпусам установки были одинаковыми.

В ходе выполнения данной работы в среде Delphi 2010 [9], на языке программирования Pascal, был разработан программный продукт для расчета тепловых и геометрических параметров роторного распылительного испарителя, а также для расчета параметров выпарной установки на его базе. Данное программное обеспечение содержит в себе два справочника постоянных величин, а также возможность сохранения и печати, полученных в ходе расчета данных. Для работы программы необходим персональный компьютер стандартной комплектации с операционной системой Windows, принтер.

Форма вывода результатов работы программы представлена на рисунке 1.

В третьей части алгоритма расчета выпарной установки выполняется определение размеров конструктивных элементов, входящих в состав РРИ, а также мощности электродвигателя привода ротора и параметров теплового ограждения аппаратов. Но в рамках данной работы задача разработки программного обеспечения для третьей части не ставилась. Планируется это выполнить в будущем.

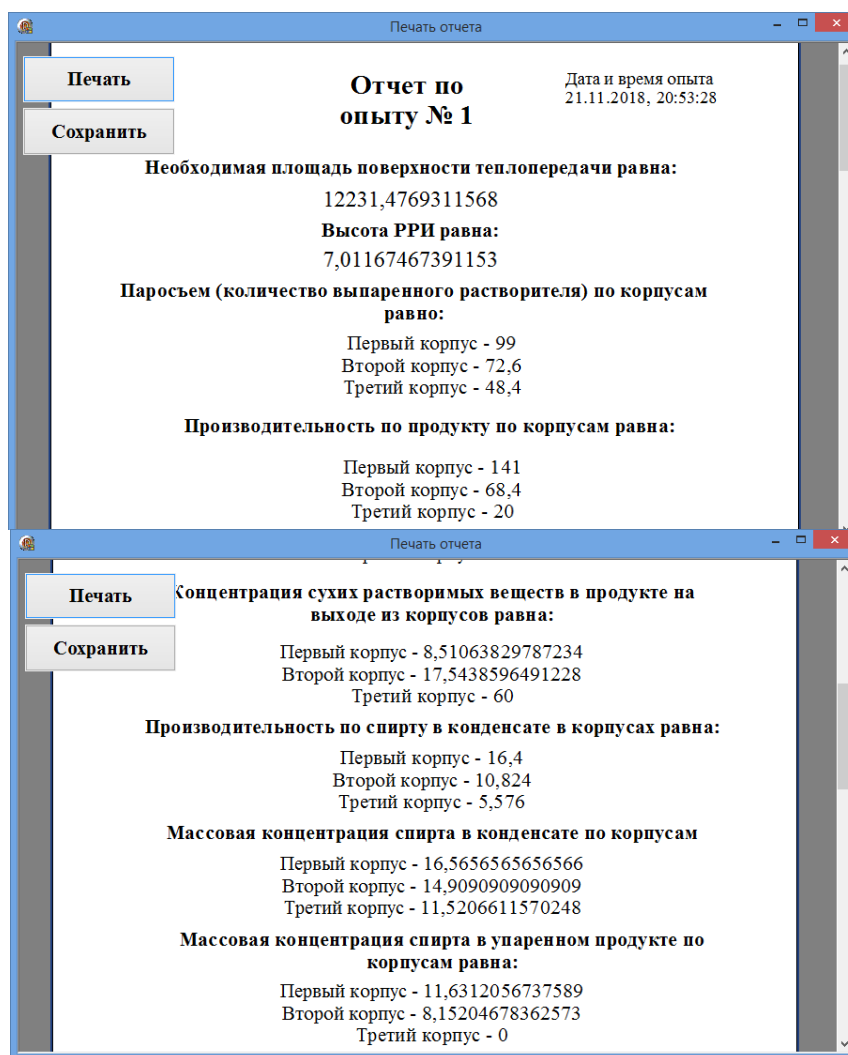


Рисунок 1 – Форма вывода результатов работы программы

Список литературы

1. Гриценко, В.В. Совершенствование машинно-аппаратурного оформления процессов производства жидких концентрированных пищевых продуктов с использованием роторного распылительного выпарного аппарата: Монография / В.В. Гриценко / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 135 с.
2. Третьякова, Н.Г. Совершенствование технологии производства пищевых продуктов с использованием роторного распылительного испарителя: Дис... канд. техн. наук. – Кемерово, 2002. – 158 с.
3. Гриценко, В.В. Обоснование использования концентрированных экстрактов из плодов боярышника кроваво-красного и калины обыкновенной в качестве витаминно-вкусовых добавок продуктов питания [Текст] / В.В. Гриценко // Труды Рубцовского индустриального института: Выпуск 17: Технические науки // Рубцовский индустриальный институт.- Рубцовск, 2007. – С. 19-25.
4. Гриценко, В.В., Гарькавая Е.В. Разработка алгоритма расчета площади теплообменной поверхности роторного распылительного испарителя // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 24-25 ноября 2016 г, посвященной 70-летию Рубцовского индустриального института. / Под ред. к.т.н. О.А. Михайленко; к.ф.-м.н., доцента Г.А. Обуховой / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2016. – С. 64-73.
5. Гриценко, Л.В. Разработка программного обеспечения для расчета роторного распылительного испарителя // Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: Материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) 26–27 апреля 2018 г. / Рубцовский индустриальный институт. - Рубцовск, 2018. – С. 80-83.
6. Кавецкий, Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии/ Г.Д. Кавецкий, В.П. Касьяненко, В.П. – М.: Колос, 2008. 591 с.
7. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков: Учебное пособие для вузов / Под ред. чл. - корр. АН СССР П.Г. Романкова. - 9-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1981. – 560 с.
8. Чубик, И.А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов / И.А. Чубик, А.М. Маслов. – М.: Пищ. пром-сть, 1970. – 184 с.
9. Джулиан, Бакнелл. Фундаментальные алгоритмы и структуры данных в Delphi. 2016. - 550 с.

СПОСОБ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГЕОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОСНОВАНИЯ ПЛОТИНЫ НА ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОРОДАХ

С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров

Таджикский технический университет им. М.С. Осими, г. Душанбе, РТ

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Душанбе, РТ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследования изменения гидрогеохимического режима в створе основания плотины Рогунской ГЭС методом кондуктометрического анализа в зависимости от изменения уровня воды в реке Вахш. Полученные результаты подтверждает явления конвективно - диффузионного отжатия подземных минерализованных вод пресными фильтрационными потоками и перенос солевой составляющей по пути фильтрации в следствии гидростатического давления. А также в статье рассматривается создание системы мониторинга изменения гидрогеохимического режима в основании плотины позволяющий в реальном масштабе времени следить за явления конвективно - диффузионного отжатия подземных минерализованных вод.

Ключевые слова: мониторинг, гидрогеохимический режим, основания плотины, фильтрация пьезометрическая скважина, кондуктометр, отжатия, конвекция, диффузия, минерализация, гидростатическое давления.

METHOD AND DEVICES FOR GEOCHEMICAL MONITORING BASED ON DAM ON WATER-SOLUBLE BREEDS

S.K. Davlatshoev, M.M. Safarov

Tajik Technical University. M.S. Osimi, Dushanbe, RT

Branch of Moscow State University. Lomonosova M.V., Dushanbe, RT

Abstract. The article discusses the results of a study of changes in the hydrogeochemical regime at the site of the Rogun dam hydroelectric station using the method of conductometric analysis depending on changes in the water level in the Vakhsh River. The obtained results confirm the phenomena of convective - diffusion squeezing of ground mineralized water by fresh filtration flows and the transfer of the salt component along the filtration path as a result of hydrostatic pressure. The article also discusses the creation of a monitoring system for changes in the hydrogeochemical regime at the base of the dam, which allows real-time monitoring of the phenomena of convective-diffusion release of ground mineralized water.

Keywords: monitoring, hydrogeochemical regime, dam foundation, piezometric well filtration, conductometer, depressions, convection, diffusion, mineralization, hydrostatic pressure.

С целью осуществления оперативного контроля за гидрогеохимическим режимом основания плотины Рогунской ГЭС сотрудниками ООО "NELT" и ООО "Гидроспецпроект" разработана и изготовлена опытный вариант экспресс – кондуктометра «КАЛЬМАР» (Рис. 1).



Рис. 1. Кондуктометр – концентратомер «КАЛЬМАР»

Кондуктометр эксплуатировался для мониторинга изменения минерализации грунтовых вод в основание плотины Рогунской ГЭС. Кондуктометр состоит из двух частей: погружного зонда и регистратора, служащего для отображения и сохранения результатов измерений. Погружной зонд связан с регистратором кабелем и может быть удален от регистратора на расстояние 100 м.

Кондуктометр «КАЛЬМАР» использует тороидальный сенсор, который не имеет электродов. Измерение электропроводности происходит следующим образом (Рис. 2). В возбуждающем тороиде генерируется переменный синусоидальный магнитный поток с помощью высокостабильного генератора синуса и усилителя мощности. Если внутрь тороида попадает замкнутая проводящая среда (раствор NaCl), то в этой среде индуцируется (наводится) переменный ток. Этот ток охватывает оба тороида – и возбуждающий и чувствительный. Чувствительный тороид работает в режиме трансформатора тока. Его выход пропорционален току, текущему в жидкостном витке. В общем случае имеется общий фазовый сдвиг ϕ между возбужденным и принятым сигналом. Квадратурный детектор выделяет сигнал пропорциональный проводимости $\sin \phi$ и $\cos \phi$, и выводит их на экран регистратора.

Для получения концентрации в граммах на литр, сигнал $\cos \phi$, вместе с текущей температурой подставляется в таблицу концентрации, размещенной в ПЗУ (постоянном запоминающем устройстве) регистратора. Истинное значение концентрации вместе с температурой отображаются на дисплее регистратора.

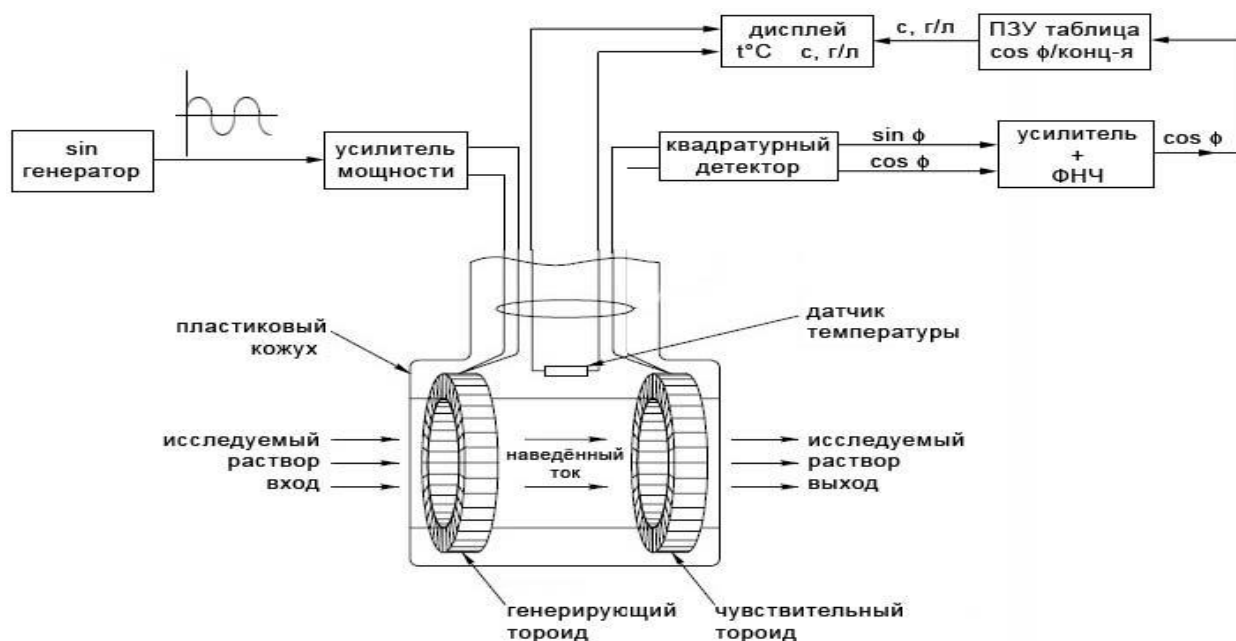


Рис. 2. Принципиальная схема работы кондуктометр «КАЛЬМАР»

При рассмотрении и сравнении кондуктометра «КАЛЬМАР» с ведущими зарубежными аналогами производителей АВВ, NashLange, EndressHauser, нужно иметь в виду следующее:

- комплекты приборов данных компаний для измерения электропроводности состоят из сенсоров (самых датчиков) и преобразователей (трансмиссиверов), которые отображают результаты. Длина соединительного кабеля у этих приборов менее 30 м, поскольку аналоговые сигналы, идущие по этому кабелю, чувствительны к наводкам и помехам,

- погружной зонд кондуктометра «КАЛЬМАР» является цифровым сенсором и допускает удаление от регистратора на расстояние более 100 м по интерфейсу цифровой токовой петли. Питание зонда и выдача информации от него к регистратору осуществляется двухжильным телефонным проводом ТП 724, который к тому же служит и силовым тросом,

- питание приборов вышеуказанных компаний обычно осуществляется напряжением 220 или 36 В, при потребляемой мощности 10 Вт,

- кондуктометр «NELT» питается напряжением 12 В при потребляемой мощности менее 1 Вт.

Результаты исследования отжатия подземных минерализованных вод пресными фильтрационными потоками в основание плотины могут использоваться при решении различных инженерно – гидрогеологических, гидрогеохимических и геоэкологических задач.

Задачи этих исследований заключаются в следующем:

- анализ влияния колебаний уровня реки Вахш на изменение уровня минерализации подземных вод в пьезометрических скважинах,

- изучения гидрохимической обстановки подземных вод на левобережном участке Ионахского разлома до перекрытия русло реки Вахш(в естественных условиях),

- изучения изменения степени минерализации подземных вод в долом пласта соли.

Кондуктометрия является надежным и относительно дешевым электрохимическим средством измерения с небольшим энергопотреблением, которая позволяет применять ее для контроля концентрации электролитов и водно-солевых растворов по величине их удельной электропроводимости[1]. В 2011 году, в ноябре и декабре месяцах проведены два цикла измерений кондуктометрическим методом. Измерения минерализации проведены в 16 пьезометрических скважинах расположенных на левобережном участке Ионахшского разлома чрез каждый 1 метр глубины. Всего за два месяца произведено 839 определений. В качестве примера проанализируем изменения уровня минерализации подземных вод в пьезометре №29^а (Рис. 3).

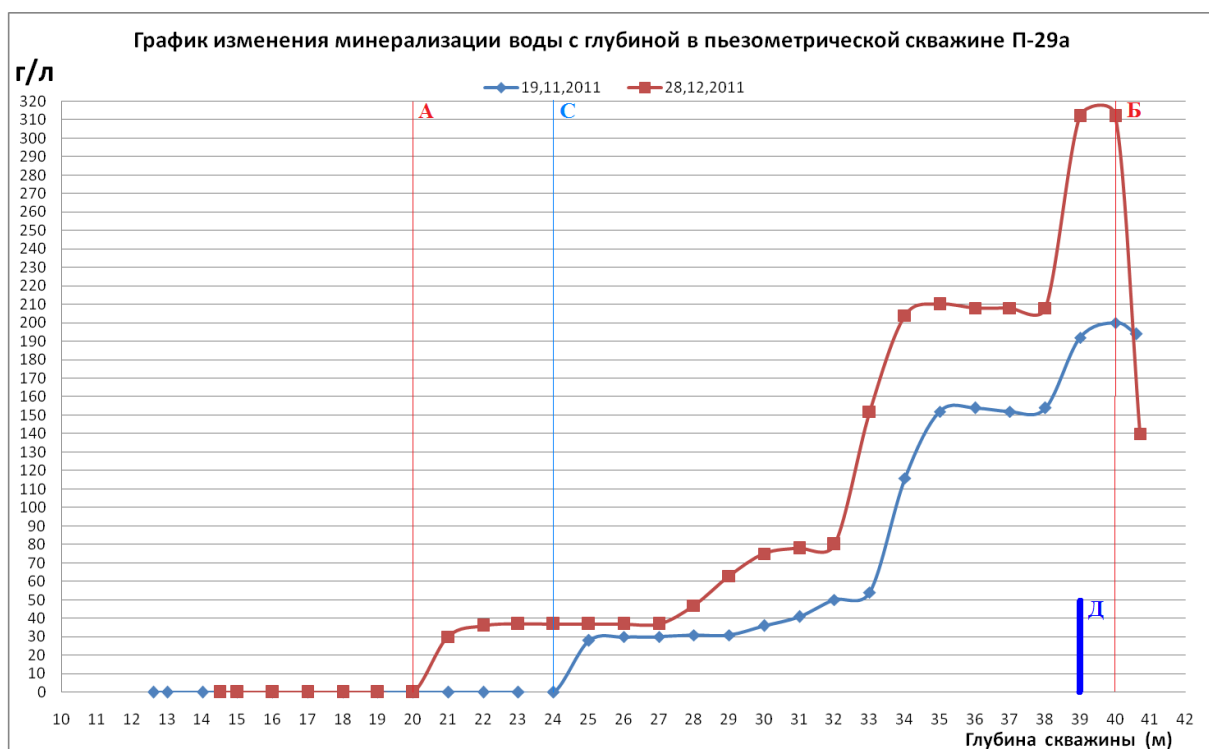


Рис. 3. График изменения минерализации в пьезометре П-29^а

В графике указано глубина расположения оголовки соли на глубине 39 м (Д). В измерениях проведенное в ноябре 2011 г. глубина фильтрации пресных вод достигает глубину 24 м (С). В измерениях проведенное в декабре 2011 г. глубина фильтрации пресных вод уменьшается до глубины 20 м.

Результаты исследования доказывает, что в обоих измерениях начиная с глубины 24 м (С) и 20 м (А) до глубины 40 м (Б) в измерениях проведенных в декабре 2011 г. и глубже в измерениях проведенных в ноябре 2011 г. происходит конвективно - диффузионное отжатие подземных минерализованных вод, перенос раствора соли по пути фильтрации подземных вод и дальнейшего отложения солевой составляющей дальше от пласта соли под действием гравитационной (плотностной) конвекцией.

В примере отчетливо видно, что скорости фильтрации пресных вод V_f больше скорости конвективно - диффузионное отжатие подземных минерализованных вод $V_{кдо}$.

По результатам анализа выполненных работ было выявлено взаимосвязь изменения границ минерализованных вод по площади и по вертикали от колебания уровня воды в реке Вахш (Таб. 1). Исследования показали, что при понижении уровня воды в реке Вахш на 0,26 – 0.40 метров, минерализация подземных вод в пьезометрах увеличивается в пределах от 16 до 130 г/л [2,3].

Таблица 1.

Сопоставление изменения минерализации воды в пьезометрических скважинах от колебания уровня воды в реке Вахш

№ п/п	№ Сква	Глубина скв. (м)	Абс. отм. уст. скв. (м)	Отм. измер-я минер-и (м)	Уровень минерализации С (г/л)		Отм. уров. Воды в реке Вахш (м)		Разница минерализации ΔC (г/л)	Разница отметки уровня реки (м)
					18-21.11.2011	27-28.12.2011	18-21.11.2011	27-28.12.2011		
					1	П – 26	31	1004.78		
2	П – 27	35	1005.62	970.62	205	310	986.92	986.64	+105	-0.28
3	П – 29	41	999.21	958.21	130	175	986.92	986.66	+45	-0.26
4	П – 29 ^а	40	999.78	959.78	200	315	987.06	986.66	+115	-0.40
5	П – 30	45	998.08	953.08	180	310	987.06	986.66	+130	-0.40
6	П – 31	44	998.12	954.12	180	310	987.06	986.66	+130	-0.40
7	П – 31 ^а	46	998.82	952.82	150	210	987.06	986.66	+60	-0.40
8	П – 32	48	999.12	951.12	210	310	986.94	986.66	+100	-0.28
9	П – 33	38	996.14	958.14	38	54	987.06	986.66	+16	-0.40

Учитывая инженерно-геологические особенности (гидрогеохимические условия вокруг солевого пласта, физико-механические и фильтрационные характеристики пород, отжатие минерализованных вод фильтрационными потоками пресных вод) предлагается следующая схема размещения кондуктометрических измерений за пластом соли из солевой штольни (Рис. 4), позволяющий в реальном масштабе времени следить за изменением гидрогеохимического режима оснований.

Проектом Рогунской ГЭС на все длине защищаемого пласта соли (1100 м) для всех видов наблюдения предусмотрено 12 наблюдательных створов. Исходя из этого в предложенной схеме предусмотрено 12 створов кондуктометрических измерителей, совмещённых с наблюдательными створами, утверждённым проектом.

По каждому створу по глубине в схеме предусматривается на четырёх уровнях размещения кондуктометрических измерителей:

1-й уровень на отметке 965,0 м, где на этом уровне находится оголовок солевого пласта;

2-й, 3-й и 4-й уровень на отметке 910,0, 850,0 м и 760,0 м, для определения скорости, глубины отжатия минерализованных вод и изменения границы уровня слабо и сильноминерализованных вод в зависимости от действующего напора на верхнем бьефе.

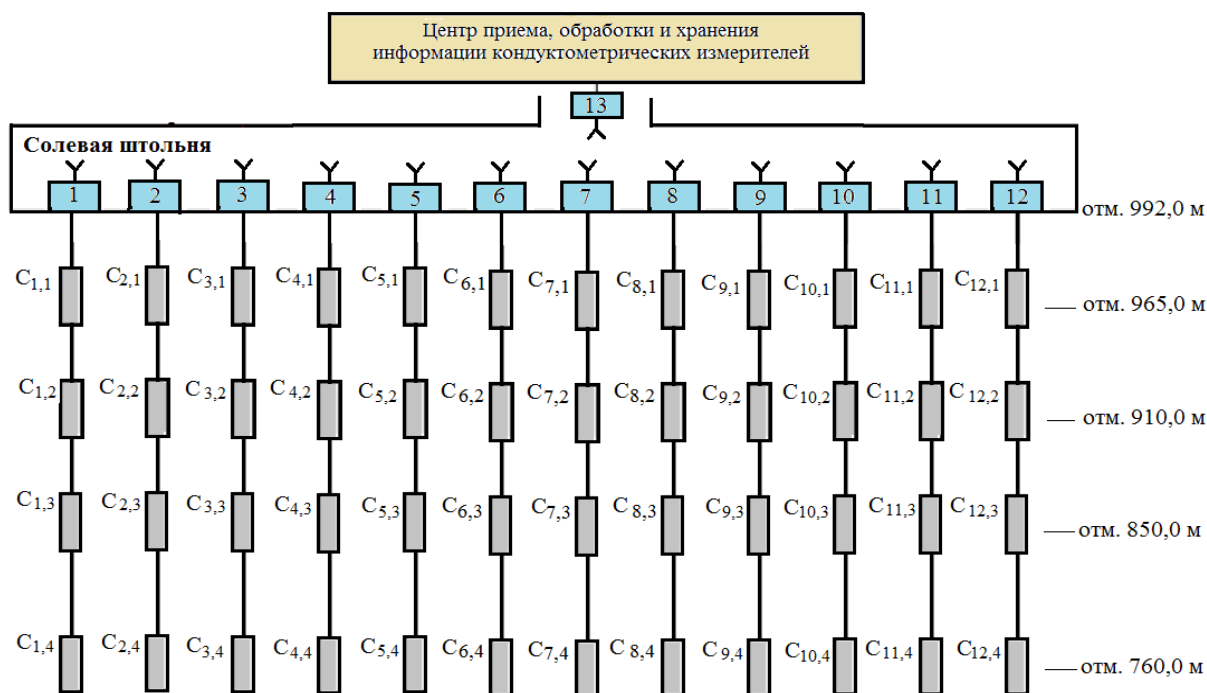


Рис. 4. Схема расположения кондуктометрических измерителей за пластом соли из солевой штольни

Информация с автоматических измерительных устройств ($C_{i,j}$, где $i = 1 - 12$, $j = 1 - 4$), установленных на пункте измерения, по телеметрическим каналам (блок 1 – 12) поступает в центр мониторинга (через блок 13), который осуществляет накопление, классификацию, оценку информации и обеспечивает подачу предупредительных сигналов на пульт управления системой защиты соли. Такая организация мониторинга даёт возможность осуществлять всесторонний контроль накопленных данных и проводить перспективное планирование мероприятий, направленных на сохранение заданного режима эксплуатации системы.

При поднятие уровня воды в водохранилище происходит изменения гидрогеохимического режима в основание плотины в следствии гидростатического давления. Под действием фильтрационных потоков граница слабо - и сильноминерализованных подземных вод опускается вниз[1,2]. В этих условиях приборы, установленные для измерения концентрации рассола в пределах солевого экрана, должны иметь показания, удовлетворяющие условию: $C_3 = C_n$, где C_3 – концентрация рассола в экранирующем слое; C_n – насыщенная концентрация рассола, подаваемого в скважины солевого экрана.

Возрастание C_3 до величин, значительно превышающих C_n , свидетельствует о наличие в этом месте очага растворения соляной толщи, а

снижение C_3 до значений $C_3 < C_n$ говорит об отсутствии сплошности солевого экрана и просачивании пресных вод в сторону пласта соли.

При повышении уровня воды в водохранилище происходит увеличение фильтрационных потоков в основании плотины. Пресная вода в зависимости от действующего напора проникает по имеющим трещинам, достигая высокоминерализованных вод защищающих пласт соли. Пресная вода, проникая в слой минерализованных вод под действием гидростатического давления способствует конвективно - диффузионному отжатию подземных минерализованных вод. Далее под действием фильтрационных потоков отжатая часть минерализованных вод переносится дальше от солевого пласта и происходит отложения солевой составляющей под действием гравитационной (плотностной) конвекции.

На основании результатов исследования можно сделать следующие выводы:

1. Главным техническим преимуществом кондуктометра является индуктивный принцип сенсорного датчика, который защищен от прямого контакта с исследуемой агрессивной средой, точности и оперативности съема информации и калибровка кондуктометра осуществляющийся в автоматическом режиме и эта позволяет оперативно настраивать кондуктометра на другие виды солевых растворов.

2. Кондуктометрический метод измерения гидрогеохимического режима в основании плотины показало достоверные результаты и является самым эффективным методом исследования в реальном масштабе времени.

3. Исследование гидрогеохимического режима в основании плотины позволило выявить явление конвективно - диффузионное отжатие подземных минерализованных вод в зависимости от уровня гидростатического давления воды в реке Вахш (повышения уровня воды) с течением времени.

4. Предложенная система мониторинга на основании матрица расположения кондуктометрических измерителей позволяет определить концентрации диффундирующего вещества в заданной точке в любой момент времени.

Список литературы

1. Давлатшоев, С.К., Сафаров М.М. Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях. Вестник технологического университета, Казань, №18, Т. 20, 2017, С. 45-52.

2. Давлатшоев, С.К. Оценка взаимодействия фильтрационного потока на гидрогеохимический режим основания плотины кондуктометрическим методом. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, Душанбе, "Сино", №1/3, 2017, С. 129 - 134

3. Давлатшоев, С.К., Сафаров М.М. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС. 1-ое изд. Душанбе, Ирфон, 1917, 236 с.

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПОДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ВАЛЬЦОВОГО ТИПА ХАРВЕСТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Г.В. Дадашова. Научный руководитель - Г.А. Пилушина, В.В. Сиваков
Брянский государственный технический университет

Аннотация. В данной статье проводится анализ влияния геометрических форм подающих валцов харвестерной головки на износостойкость.

Ключевые слова: *протаскивающие валцы харвестерная головка, износостойкость.*

THE QUESTION OF THE IMPROVEMENT OF FEEDING DEVICE OF ROLLER-TYPE HARVESTING MACHINERY

G.V. Dadashova. Scientific Director – G.A. Pilyugina, V.V. Sivakov
Bryansk State Technical University

Annotation: This article analyzes the influence of geometric shapes of the feed rollers of the harvester head on wear resistance.

Keywords: *protalkivaya rollers harvesting head, wear resistance.*

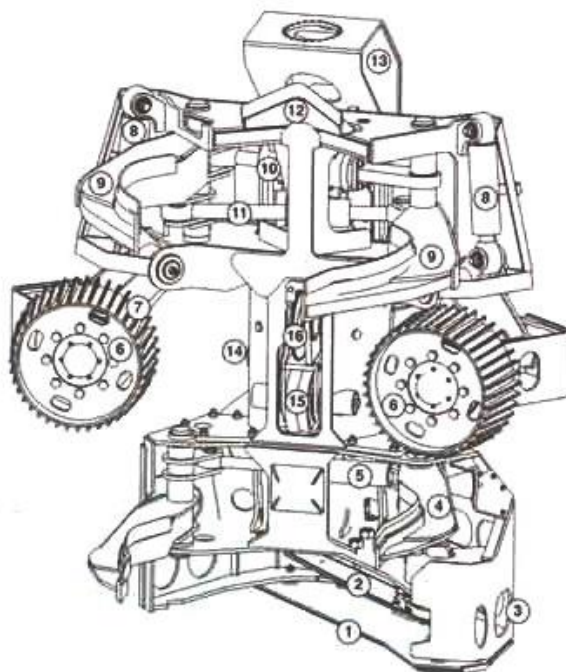
В России лесозаготовки осуществляются, в основном, двумя технологиями: хлыстами и сортиментами. И хотя нехватка специализированного оборудования мешает увеличению доли сортиментной заготовки, этот метод становится в России все более популярным.

Требования к современной технике с каждым годом возрастают, главное внимание обращается на повышение эксплуатационной надежности и долговечности путем улучшения конструкции, применения новых материалов. Скорость подачи и обработки, надежность и качество напрямую зависят от работоспособности подающих механизмов, а нагрузки и условия, в которых эксплуатируется оборудование, способствует быстрому износу, поэтому повышение износостойкости является актуальным как при использовании нового оборудования, так и при модернизации уже эксплуатируемого.

Основу современной полностью механизированной сортиментной технологии составляют харвестеры (валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины манипуляторного типа). Рабочим элементом данной машины является харвестерная головка (рис.1). Модели головок в зависимости от толщины спиливаемого дерева и своей массы подразделяют на группы: легкие, средние, тяжелые и сверхтяжелые (массой от 300 до 3500кг), представляют собой сварную металлическую раму, на которой монтируются захватные рычаги (клещи), управляемые гидроцилиндрами. Рычаги движутся в плоскости перпендикулярной оси ствола. На концах рычагов смонтированы гидравлические моторы. На выходные валы моторов установлены подвижные валцы протаскивающего механизма.

Вальцовая подача отличается простотой конструкции и удобством: два или большее число валцов цилиндрической формы, с шипами различных форм по всей поверхности могут быть либо обычными стальными или чугунными, либо

оснащаться резиновыми демпферами крутильных колебаний. Дополнительно на корпусе устанавливается два неподвижных вальца с высокомоментными гидромоторами. Подвижные вальцы с помощью гидроцилиндров управления захватными рычагами прижимаются к дереву и удерживают его в силовом контуре харвестера при валке.



1 - ограждение пилы, 2 - цепную пилу, 3 - гидродвигатель пилы, 4 - нижние сучкорезные ножи, 5 - гидроцилиндр нижних сучкорезных ножей, 6 - протаскивающие вальцы, 7 - гидродвигатели вальцов, 8 - гидроцилиндры захватных рычагов вальцов, 9 - верхние сучкорезные ножи, 10 - гидроцилиндр верхних сучкорезных ножей, 11 - согласующую тягу верхних сучкорезных ножей, 12 - верхний нож, 13 - наклонный механизм, 14 — гидроцилиндр наклонного механизма, 15 - ролик хода, 16 - колесо измерителя длины

Рисунок 1 - Харвестерная головка

К вальцам предъявляются следующие основные требования:

- максимальная точность выполнения заданного движения заготовок;
- достаточное тяговое усилие, способное преодолеть силы сопротивления подачи заготовок;
- обеспечение подачи без перебазирования заготовок в зоне размещения режущего инструмента;
- минимальные усилия при загрузке заготовок;
- предотвращение повреждения заготовок во время подачи;
- плавность подачи [1].

Широкие протяжные вальцы имеют большую площадь соприкосновения с поверхностью ствола, обеспечивая эффективную протяжку стволов разного размера без проскальзывания.

За счет высокой скорости и большого крутящего момента гидромоторов протяжки, трение и глубина проникновения шипов в древесину возрастает, что в свою очередь приводит к увеличению повреждения древесины и снижению ее полезного выхода.

Вальцы протяжки на харвестерных головках подвергаются контактному давлению, перепаду температур, а взаимодействие с материалом и реагентами из окружающей среды приводят к протеканию интенсивных физико-химических процессов. Работоспособность и износостойкость вальцов зависит от формы шипов, материала и способа его изготовления.

Износ шипов представляет собой результат постепенного изнашивания и изнашивания путем микровыкрашивания. Выкрашивание обусловлено недостаточной сопротивляемостью материала шипа действию ударных нагрузок и поверхностно-активных сред, содержащихся в древесине. Постепенное изнашивание вызывается силами трения, возникающими при внедрении шипа в толщу древесины и при движении по мере вращения вальца [2].

Кроме того, увеличение диаметра вальца приводит к снижению коэффициента сцепления его с древесиной (таблица 1), как сухой древесины, так и древесины естественной влажности.

Важное значение для надежного протаскивания древесины имеет форма протаскивающих вальцов харвестерной головки, при этом производители предлагают самые разные решения (рисунок 2-4).

Таблица 1

Коэффициенты сцепления рифленых подающих вальцов с древесиной (по М.С.Мовнину)

Порода древесины	Влажность, %	Диаметр подающих вальцов, мм							
		60	80	100	120	140	160	180	200
Сосна	12	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34
	65	0,55	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44	0,41	0,39
Береза	12	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35
	65	0,56	0,54	0,52	0,49	0,47	0,45	0,42	0,40
Дуб	12	0,43	0,41	0,39	0,37	0,36	0,34	0,32	0,31
	65	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35

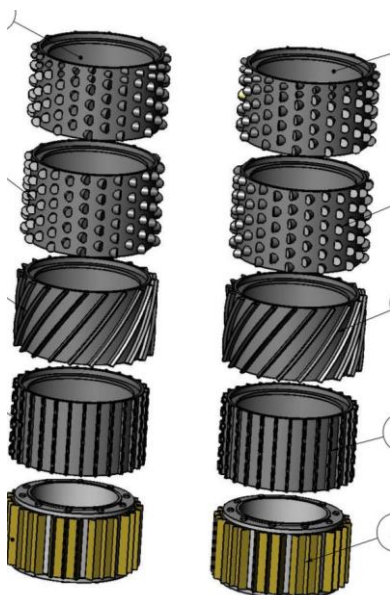


Рисунок 2 - Протяжные валцы Kesla 25RH(RHS)[5]



Рисунок 3 – Валцы харвестерной головки VALMET 370 [6]



Рисунок 4 – Примеры валцов харвесторных головок

Поэтому, для обеспечения надежного сцепления подающих валцов с древесиной предлагается провести оптимизацию геометрических параметров шипов, обеспечить их повышенную износостойкость (рис.5) [3,4].

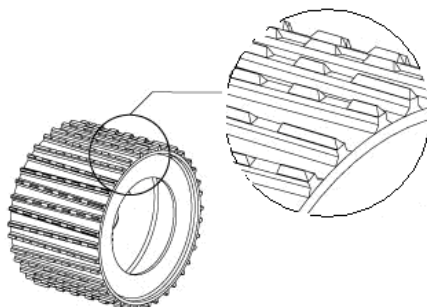


Рисунок 5- Перпендикулярное расположение шипов

Данные валцы протяжки, обеспечивающие незначительные ударные нагрузки, во время работы всегда располагаются перпендикулярно дереву, в результате чего до минимума сокращаются потери на трение и глубина проникновения в древесину. Эта геометрия также обеспечивает точное измерение длины для получения высококачественных лесоматериалов.

Благодаря увеличенному размеру шипов, их количеству, форме и специальному размещению валцы протяжки самоочищаются, обладают высоким тяговым усилием, как в прямом, так и в обратном направлении без риска пробуксовки.

Список литературы

1. Грубе, А.Э. Основы теории и расчета деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий / А.Э. Грубе, В.И. Санёв. М: Лесная промышленность, 1973. 167с.

2. Пилюшина, Г. А. Повышение работоспособности деталей подающих устройств лесопильного оборудования: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Брянск, 2004. 17 с.

3. Памфилов, Е.А. Особенности контактирования заготовок и транспортирующих шипов подающих валцов деревообрабатывающего оборудования и оптимизация их геометрической формы/ Е.А.Памфилов, Г.А. Пилюшина // Механика и физика фрикционного контакта и граничных слоев: Межвуз. сб. науч. тр./Под ред. Н.Б. Демкина. Тверь: ТГТУ, 2004. С.8-15.

4. Пилюшина, Г.А. Повышение работоспособности лесопильного оборудования/ Г.А. Пилюшина, Е.А. Памфилов // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2007. № 4. С.85-91.

5. Протяжные валцы Kesla 25RH(RHS) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forestruck.ru/protyazhnye-valtsy-kesla-25rh-rhs.html> Дата доступа: 12.11.2018 г.

6. Харвестерная головка VALMET 370 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.avtomash.sura.ru/doska.asp?noticeID=1101303> Дата доступа: 12.11.2018 г.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУКИ ИЗ СЕМЯН ТЫКВЫ И ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ МОЛПРО-В В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАРЕННЫХ КОЛБАС

А.И. Дробина, Л.Е. Мартемьянова, Н.В. Шадрина, И.П. Шадрин
Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

Аннотация. В статье рассматривается актуальность использования муки из семян тыквы и пищевой добавки Молпро – В в производстве вареных колбас.

Ключевые слова: *пищевая добавка Молпро-В, мука из семян тыквы, вареные колбасы.*

RELEVANCE OF USE OF FLOUR FROM SEEDS OF PUMPKIN AND THE MOLPRO-B NUTRITIONAL SUPPLEMENT IN PRODUCTION OF BOILED SAUSAGES

A.I. Drobina, L.E. Martemyanova, N.V. Shadrina, I. Shadrin
Omsk state agricultural university of P.A. Stolypin

Abstract. In article the relevance of use of flour from seeds of pumpkin and Molpro-B nutritional supplement in production of boiled sausages is considered.

Keyword: *food additive Molpro-B, flour from pumpkin seeds, boiled sausages.*

Мясные продукты составляют незаменимую и неотъемлемую часть питания человека. Анализ структуры питания населения России за последние годы выявил динамику ее существенного ухудшения. Дефицит потребляемого населением белка связан со снижением белка животного происхождения. Перспективное направление в производстве продуктов питания – это создание новых видов комбинированных изделий на основе сочетания животного и растительного сырья, наиболее сбалансированных по всем показателям.

Комбинирование сырья животного и растительного происхождения позволяет получать продукты с высокой усвояемостью, увеличивать выход готового продукта за счет включения в рецептуры компонентов с высокими влагосвязывающими свойствами, повысить качество за счет сбалансированности химического состава фарша, расширить производство наиболее популярных видов мясной продукции, а также снизить стоимость.

В связи с этим целью работы является – рассмотрение актуальности использования муки из семян тыквы и функциональной пищевой добавки Молпро-В в качестве составляющего компонента рецептур вареных колбас.

МОЛПРО-В – это натуральный продукт, в состав которой входят производные, полученные при переработке натурального молока. Она обладает свойствами аналогичными солерастворимым (фибрилярным) мясным белкам и выполняет сходные с ними функции, образуя после термической обработки структурную сетку, удерживающую влагу и фиксируя жировые частицы.

Состав: альбумин, казеинат натрия, высококачественная молочная (подсырная) сыворотка, концентрат сыворотки.

Все компоненты рассчитаны таким образом, что при ее закладке до 2% достигается оптимальное раскрытие мясного белка, и как следствие, повышение функциональных свойств сырья, стабилизации структуры фарша.

МОЛПРО-В не содержит генно-модифицированных источников.

Тыквенную муку (рис.1) производят из семечек этого растения. Поэтому она обладает всеми их полезными свойствами. Мексика считается родиной этого продукта. В этой стране тыква выступает компонентом очень многих блюд. Позже стала популярной эта мука в других странах. Это и Япония, и Таиланд, а также Бразилия. В древнем мире тыкву использовали для лечения множества заболеваний. Особенно это было распространено в Южной Америке и Египте.

Состав продукта

1. Химический состав тыквенной муки богат минералами, необходимыми человеческому организму для нормального функционирования. Это калий, магний, цинк, фосфор и другие.

2. Кроме того, здесь содержится немало витаминов: С, А, К, В3.

3. Этот продукт содержит альфа-линолевую кислоту, которая в последнее время приобрела популярность благодаря активной пропаганде здорового питания. Этой кислотой богато также крилевое масло. Если употреблять эти два продукта вместе, то можно добиться идеального баланса омега-3 и омега-6.



Рис.1 Мука из семян тыквы

Мука из семян тыквы является безглютеновой, не содержит в своем составе сои. Благодаря этому ее употребление безопасно для человека. Вегетарианцы и сыроеды употребляют в пищу блюда из этой муки, заменяя белковые продукты животного происхождения. Белка в этом продукте около 40%. На 100 г муки приходится около 305 ккал.

Муку из семян тыквы рекомендуется применять для улучшения иммунитета, для улучшения работы печени, очищения желчного пузыря, протоков от паразитов, кишечника от токсинов ядов, для нормализации обмена веществ, снижения инфекционных заболеваний.

Создание оптимальной рецептуры производства проектируемой варёной колбасы с использованием муки из семян тыквы и натуральной функциональной пищевой добавки на основе концентрата белка молочной сыворотки Молпро-В позволит разработать технологию получения функционального продукта, сбалансированного по химическому составу, обладающего наилучшими органолептическими свойствами и низкой себестоимостью.

В результате исследований на кафедре продуктов питания и пищевой биотехнологии (Омский ГАУ) была разработана рецептура вареной колбасы с различным соотношением: муки из семян тыквы от 5 до 15% от массы и натуральной функциональной добавки Молпро-В от 1,5% до 4,5% ингредиентного набора.

Для повышения биологической ценности готового продукта проведен расчет оптимальных рецептур варёной колбасы с растительными компонентами на основе приближения аминокислотного состава композиции к аминокислотному составу идеального белка по шкале ФАО/ВОЗ (1973 г.).

Методика расчета оптимальной рецептуры основана на итерационном принципе применения метода линейного программирования и расчета коэффициента сбалансированности белка (КСБ) по аминокислотному составу при условии минимизации стоимости сырья. Аналогичным образом была проведена оптимизация рецептуры по соотношению белка и жира, насыщенных (НЖК), моно- (МНЖК) и полиненасыщенных (ПНЖК) жирных кислот, кальция, фосфора и магния, которые были выбраны как частные критерии оптимизации. Базой для сравнения являлось оптимальное соотношение этих веществ, для питания человека.

Результаты исследования органолептических и физико – химических показателей представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Органолептические показатели вареных колбас

Наименование	Контроль	Опыт
Внешний вид	Батоны чистой, сухой поверхностью, без повреждения оболочки, наплывов фарша, слипов	
Вид фарша на разрезе	Розовый или светло-розовый фарш равномерно перемешан	Розовый или светло-розовый фарш равномерно перемешан и содержит кусочки шпика белого цвета или с розоватым оттенком размером сторон не более 6мм
Запах и вкус	Свойственные данному виду продукта с ароматом пряностей, в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха.	
Форма, размер и вязка батонов	Прямые батоны длиной до 50см, одной перевязкой на каждом конце и середине батона с оставлением отрезка шпагата внизу	С тремя поперечными перевязками посередине батона; в синюгах – с поперечными перевязками 5см.

Физико– химические показатели вареных колбас

Наименование показателя	Готовый продукт			
	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Массовая доля жира, %	9,2	8,0	8,1	8,5
Массовая доля белка, %	15,3	15,7	15,9	16,3
Массовая доля влаги, %	63,80	63,60	63,30	62,70
Массовая доля соли, %	2,2	2,16	2,18	2,15
Зола, %	3,01	2,98	2,98	2,94
Массовая доля нитрита натрия, %	0,0024	0,0025	0,0023	0,0024
Углеводы, %	2,26	3,10	3,14	3,34
Экстрактивные вещества, %	0,32	0,38	0,35	0,29
Энергетическая ценность, кДж/ккал	713/169	715/171	719/175	725/177

Из таблиц видно, что содержание белков и углеводов в опытных образцах повышается с увеличением уровня замены основного сырья на муку из семян тыквы и пищевую добавку Молпро - В. Наряду с увеличением содержания углеводов и белка происходит незначительное уменьшение массовой доли влаги, жира у опытных образцов.

Незначительные отличия в содержании воды, белка, и жира в контрольном и опытных образцах вареных колбас объясняются разницей в химическом составе муки из семян тыквы и функциональной добавки Молпро - В и основного мясного сырья (говядина и свинина). Данные исследования показывают, что опытные образцы не уступают по энергетической ценности контрольному образцу.

Заключение. Таким образом, использование в качестве основного сырья муки из семян тыквы и пищевой добавки Молпро-В позволяет увеличить биологическую и пищевую ценность, улучшить органолептические показатели и повысить выход готовой продукции.

Список литературы

1. Антипова, Л.В. Свойства и перспективы растительных белков /Л.В. Антипова, И.А. Глотова, Л.П. Пашенко / Мясной ряд -2009-№1. С.34-37
2. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов/ Глотова И.А., Рогов И.А. // М.: Колос, 2001. 376 с
3. Бобренева, И.В. К вопросу о функциональных продуктах питания / Мясная индустрия -2002- № 11.- С.12-14
4. Юдина С.Б. Технология продуктов функционального питания / С.Б.Юдина. – М.: Изд – во ДеЛипринт, 2008. – 278 с.

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ СТАЛЕЙ

К.А. Елисеева, С.С. Грядунов, В.В. Сиваков

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматривается применение плазменной резки листовой стали, основные виды дефектов резки.

Ключевые слова: *плазменная резка, плазмотрон, дефекты резки.*

TO THE QUESTION ABOUT THE EFFECTIVENESS OF PLASMA CUTTING STEELS

K. A. Eliseeva, S.S. Gryadunov, V.V. Sivakov

Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. Application of plasma cutting of sheet steel, the main types of defects of cutting is considered.

Keywords: *plasma cutting, plasma torch, cutting defects.*

Плазменная резка находит все более широкое применение в различных отраслях промышленности, что обуславливается возможностью ее использования для резки как черных, так и цветных металлов и их сплавов, высокими производительностью и точностью, отсутствием грата на кромках деталей, а также необходимости использования дефицитного карбида кальция.

Плазменная резка металла — высокоэффективный, производительный и перспективный способ обработки металлопроката. Процесс плазменной резки основан на локальном расплавлении металла и выдувании жидкого металла потоком плазмообразующего газа. Расплавление металла осуществляется совместным воздействием электрической дуги, горящей между плазмотроном и обрабатываемой деталью, и потоком плазменного газа. Плазменная резка позволяет обрабатывать прокат черных и цветных металлов и сплавов толщиной до 60 мм.

Для повышения эффективности резки сталей необходимо, чтобы источник теплоты равномерно распределялся по толщине разрезаемого металла. Как правило, чем выше температура источника, тем быстрее нагревается металл.

Разрезания поверхностей металла с использованием плазмы различают на несколько типов, все зависит от атмосферы процесса:

Простой способ. При разрезе применяется воздух либо азот и электричество. Длиновые показатели электрической дуги ограничены. Этот метод применим для сталей с низким содержанием вспомогательных примесей, то есть низколегированного типа. Газообразный кислород выступает в роли режущего компонента. Для данного метода характерна ровная кромка и отсутствие заусенцев. Основное использование — ручная резка.

Смещение двух газов. Одна газовая составляющая плазменной резки направляется на возникновение плазмы, другая выполняет защитную функцию от неблагоприятного воздействия атмосферы.

С водной защитой. Эта модификация предполагает применение в технологии воды вместо газообразного элемента и обеспечивает оптимальное охлаждение сопла и заготовительного элемента. Все вредные вещества поглощаются водными массами.

Обработка металлов аппаратами или станками плазменной резкой обладает следующими достоинствами:

1. более высокая мощность и производительность, по данному параметру уступает только лазерным установкам промышленного масштаба.

2. более выгодна с экономической точки зрения при толщине металла до 60 мм. Для резки материалов с толщиной более 60 мм рекомендуется использовать кислородную резку

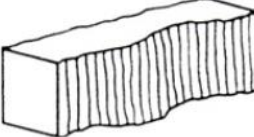
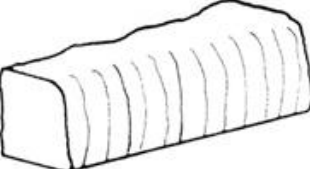
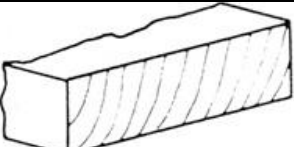
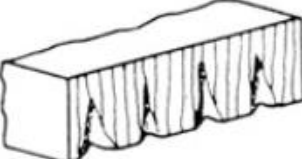

3. высокоточная и качественная обработка металлов. Срез получается «чистый», с минимальной шириной, благодаря чему, практически не требует дополнительной шлифовки.

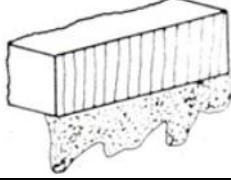
4. универсальность применения, безопасность и низкий уровень загрязнения окружающей среды.

Из недостатков можно отметить скромную толщину среза (до 100 мм), а также невозможность одновременной работы двух плазморезов и соблюдение жестких требований к отклонениям от перпендикулярности среза.

Как показывает практика раскроя листового металла имеется ряд дефектов обработки (таблица 1).

Таблица 1

Виды дефектов		
Название	Пример	Причина
Неровный разрез		Резательная дюза не чистая
Сильное оплавление кромки		Расстояние до плазматрона слишком маленькое
Отстаивание бороздок		Движение плазматрона слишком быстрое
Надрезы		Движение плазматрона слишком медленное
Прерванный снизу разрез		Движение плазматрона слишком быстрое

Название	Пример	Причина
Борода		Давление плазмы слишком высокое

Точность и качество заготовок и деталей из листовой стали при механизированной плазменно-дуговой резке определены ГОСТ 14792-80, который устанавливает качество вырезанной детали для эксплуатации ее в заданных условиях:

1. Соответствие заданных размеров вырезаемых деталей или заготовок фактическим размерам вырезанных контуров; предельные отклонения от номинальных размеров установлены исходя из размеров деталей без учета толщины разрезаемого металла;

2. Неперпендикулярность реза; нормы неперпендикулярности зависят от толщины разрезаемого металла;

3. Шероховатость поверхности реза, определяется измерением высоты неровностей профиля;

4. Отсутствие трещин в зоне термического влияния и в зоне оплавленного металла.

Плазменная резка даёт возможность добиться очень хорошего качества реза и высокой точности. Данная технология обеспечивает для элементов, допуск которых $\pm 0,2$ мм и имеющих высокую точность повторения, позволяя, таким образом, получить резы сопоставимые по качеству с теми, которые даёт лазер.

Список литературы

1. Справочник электрогазосварщика и газорезчика: учебное пособие / Г.Г. Чернышов, Г.В. Полевой, А.П. Выборнов [и др]; под редакцией Г.Г. Чернышова. М.: Академия, 2004. 393 с.

2. Ширшов, И.Г. Плазменная резка/ И.Г. Ширшов, В.Н. Котиков. Л.: Машиностроение. Ленинградское отд-ние, 1987. 192 с.

3. Основы сварочного производства: учебное пособие для вузов по спец.: «Машиностроительные технологии и оборудование» и «Технологические машины и оборудование» / В.М. Виноградов, А.А. Шпунькин.; под ред. В.М. Виноградова. М.: Академия, 2008. 270 с.

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПЕРЕРАБОТКИ СУХОСТОЙНОЙ И УСЫХАЮЩЕЙ ДРЕВЕСИНЫ

Д.А. Зотов, В.Ф. Краснова

Поволжский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье дан анализ состояния исследований в сфере использования и переработки сухостойной и усыхающей древесины.

Ключевые слова: древесина, переработка, сухостойная древесина, усыхающая древесина.

REVIEW OF RESEARCH IN THE FIELD OF RECYCLING DEAD AND DRYING WOOD

D.A. Zotov, V.F. Krasnova
Volga state University of technology

Abstract. This article analyzes the state of research in the use and processing of dead and drying wood.

Keyword: *wood, processing, dead wood, drying wood.*

Введение

На сегодняшний день проблема усыхающих и сухостойных лесов становится наиболее актуальной. На корню сохнут большие объемы ценной древесины, которую еще можно использовать в производстве.

Наличие огромных запасов сухостойной и усыхающей древесины может стать толчком к развитию современной деревоперерабатывающей промышленности.

При лесозаготовке сухостой обычно не используется как ликвидный материал, а зачастую просто сжигается, ввиду низкой рентабельности, но существуют способы переработки такой древесины.

Использование сухостойной и усыхающей древесины нашло свое место в целлюлозно-бумажной отрасли. Переработка сухостоя выгодна производителям, поскольку министерства лесного хозяйства регионов предлагают снижение арендной платы за лесопользование участками в усыхающих лесах, так если потеря деловых качеств древесины составляет более 70%, то плата за древесину на корню в некоторых случаях может и вовсе отсутствовать. Такая практика может быть успешна в регионах с недостатком деловой древесины. Кроме того, вырубка и переработка усыхающих лесов является действенной мерой охраны здоровых лесных насаждений и возвращения площадей, занятых сухостоем, для возобновления лесов.

Анализ исследований

Основным материалом, используемым на целлюлозно-бумажных предприятиях, является целлюлоза, получаемая в основном из древесной щепы хвойных пород.

Переработка хвойной древесины возможна – сульфатным, сульфитным, натронным, бисульфитным способом.[1]

В работе авторов [2], рассматриваются свойства беленой целлюлозы полученной из усыхающей древесины сосны. Ими было выявлено, что сухостойная древесина уступает, по качеству древесине растущего дерева, и во многом зависит от длительности стояния дерева в усохшем виде и степени поражения его гнилями. Коррозийный тип гнили практически не оказывает влияние на целлюлозу усыхающей древесины. В белых гнилях наблюдаются «выцветы» целлюлозы и ее некоторое накопление. При поражении древесины

бурой гнилью происходит разрушение целлюлозы на низкомолекулярные фракции.

Выход целлюлозы из сухостоя, окрашенной синевой, практически не отличается от выхода целлюлозы из здоровой древесины и составляет примерно 44%. Для ядровой древесины и заболони, поврежденной гнилью, выход целлюлозы составляет примерно 40%.

Небеленые целлюлозы из заболони, окрашенной синевой, поврежденной гнилью, а также из смесей этих видов древесины и ядра имели более темный цвет, чем целлюлозы из ядровой части сухостоя и древесины растущего дерева. Исследование этих целлюлоз показало, что для достижения одинаковой белизны потребуется увеличить общий расход химических реагентов на 25%, по сравнению с целлюлозой из здорового дерева. Потери волокна при отбелке целлюлозы из растущей древесины, заболони, окрашенной синевой, составляли примерно 5%.

Как установили авторы [2] целлюлоза, полученная из древесины сухостоя, поврежденная гнилью, имеет пониженную прочность на излом и раздирание. Древесина, пораженная синевой, была близка по характеристикам к древесине растущего дерева. При добавлении до 30% гнилой древесины к здоровой были получены целлюлозы, близкие по разрывной длине и продавливанию к целлюлозе из здорового дерева, но отличающиеся по излому и раздиранию. Варка смеси с добавкой 30 % гнилой древесины дает целлюлозу с наилучшими показателями механической прочности, добавление более 30 % приводит к ухудшению качества целлюлозы. Это объясняется наличием ослабленных волокон, которые после размола дают плотный, сомкнутый лист.

В исследованиях [3], была рассмотрена переработка сухостойной и усыхающей древесины ели бисульфитным способом. В результате исследования образцов сухостойной, усыхающей и нормальной древесины было установлено, что при усыхании значительно изменяется только содержание экстрактивных веществ.

При испытании образцы из усыхающей и сухостойной древесины показали уменьшение полезного выхода и снижение свойств целлюлозы на разрыв и продавливание по сравнению с нормальной древесиной.

Разница между выходами целлюлозы из нормальной и усыхающей древесины составляет примерно 10 %, между выходами из нормальной и сухостойной древесины – 12 %. Образцы целлюлозы незначительно отличаются числом Каппа.

Показатели испытаний на разрыв у усыхающей и сухостойной древесиной по сравнению с нормальной ниже на 20% и 25% соответственно. При испытании на продавливание образцы усыхающей и сухостойной древесины показали результаты ниже нормальной древесины на 10% и 15% соответственно.

Также было выявлено, что теплотворная способность усыхающей древесины существенно не изменяется. Все это говорит о том, что усыхающую древесину можно успешно использоваться как сырье для производства древесностружечных плит, пеллет, топливных брикетов.

Авторы [4] подробно изучили влияние наличия гнилей в усохшей древесине сосны на химический состав и бумагообразующие свойства сульфатной целлюлозы. Исследования показали, что средняя часть ствола наименее подвержена поражению гнилями и грибами.

Влажность сухостойной древесины примерно одинакова по всей длине ствола и составляет 23...25%, тогда как у здоровых деревьев влажность увеличивается от комля к вершине и составляет более 90%. По мнению авторов это положительно сказывается на равномерности пропитки сухостойной древесины щелоком.

Полезный выход целлюлозы, при сульфатной обработке, приготовленной из древесины с коррозийной гнилью, снижается примерно на 10%, по сравнению со здоровой древесиной. Кроме того, целлюлоза содержит меньше α -целлюлозы и имеет более высокое содержание β -целлюлозы, что также подтверждает более сильное разрушение целлюлозы в процессе гниения.

На основе своих исследований авторы [4], установили, что здоровая древесина имеет рН около 6, сухостой – 4.5, сухостой, пораженный гнилями – 3.8...4.6. Исследования показали, что сосновая древесина с продолжительностью усыхания более 5 лет большей частью поражена гнилями. Эта древесина нуждается в тщательной рассортировке в зависимости от степени поражения.

Сульфатная варка такой древесины повлечет повышение расхода древесины и активной щелочи на обработку.

Заключение

Результаты представленных исследований свидетельствуют о том, что основное направление переработки сухостойной и усыхающей древесины является получения целлюлозы для целлюлозно-бумажных предприятий. Основные проблемы заключаются в сложности подбора технологического процесса, ввиду поражения древесины различными гнилями и грибами, снижении физико-механических свойств изделий и низкой рентабельности из-за уменьшения полезного выхода по сравнению со здоровой древесиной.

Решением этих проблем можно добиться добавлением сухостойной и усыхающей древесины к здоровой.

Список литературы

1. Никитин, В.Н. Химия древесины и целлюлозы [Текст] / В.Н. Никитин, А.В. Оболенская, В.П. Щеголев. - М.: Лесн. пром -сть, 1978. - 368 с.
2. Коржицкая, З.А., Васильева, Н.А. Свойства беленых целлюлоз, полученных из древесины сухостоя сосны. В сб. Физико-химические исследования древесины и ее комплексное использование. Изд-во Карельского филиала АН СССР, Институт леса, Петрозаводск, 1978, с. 38-52.
3. Севастьянова, Ю.В., Фетюкова, Н.Н., Невзорова, И.М. О возможности использования древесины усыхающей ели для производства бисульфитной целлюлозы высокого выхода. - Лесной журнал, 2014, №1, с. 133-139.
4. Матюшкина, А.П., Агеева, М.И. Свойства древесины и целлюлозы из сухостоя сосны. В сб. Физико-химические исследования древесины и ее

комплексное использование. Изд-во Карельского филиала АН СССР, Институт леса, Петрозаводск, 1978, с. 24-38.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОБЕЛКОВОГО МОЛОКА

В.А. Зубрицкий

Уральского государственного аграрного университета

Аннотация. В настоящее время все больше людей стараются заниматься как спортом, так и здоровым образом жизни. В связи с этим, одной из главных задач, стоящих перед технологами молочной промышленности, является разработка продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью, в полной мере обеспечивающих рацион потребителя полноценными белками.

Белок является основным строительным материалом для организма человека, поскольку именно из белков построены клетки.

В данной статье решена проблема обеспечения организма человека полноценными белками при помощи разработки технологии производства высокобелкового молока.

Ключевые слова: человек, белки, баромембранные процессы, ультрафильтрация, высокобелковое молоко, здоровье, технология производства.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING HIGH-PROTEIN MILK

V.A. Zubritsky

Ural state agrarian University

Abstract. Currently, more and more people are trying to engage in both sport and a healthy lifestyle. In this regard, one of the main tasks facing the dairy industry technologists is the development of products with increased food and biological value, fully providing the ration of the consumer with high-grade proteins.

Protein is the main building material for the human body, since it is proteins that build cells.

In this article, the problem of providing a human with the help of developing high-protein milk production technology has been solved.

Keywords: person, proteins, baromembrane processes, ultrafiltration, high-protein milk, health, production technology.

Белок является строительным материалом всех клеток организма человека, из него построены органы, ткани, кости, мышцы. Белки молока — это высокомолекулярные соединения, состоящие из аминокислот, связанных между собой характерной для белков пептидной связью. Белки молока делят на две основные группы - казеины и сывороточные белки. Казеин относится к сложным белкам и находится в молоке в виде гранул, которые формируются при участии ионов кальция, фосфора и др. Альбумин относится к простым белкам, хорошо растворим в воде. Под действием сычужного фермента и кислот альбумин не свертывается, а при нагревании до 70 °С выпадает в осадок. Глобулин - простой белок - присутствует в молоке в растворенном состоянии,

свертывается при нагревании в слабокислой среде до температуры 72 °С. Степень усвоения белков молока — 96-98 % (животный белок 80 %) [1].

В связи с высокой усвояемостью молочного белка следует его получать в больших количествах, для этого молоко следует концентрировать при помощи баромембранных процессов. Мембранная технология все более широко внедряется в пищевую промышленность России, особенно в молочную отрасль [2]. Молочная промышленность одна из первых отраслей, в которой баромембранные процессы стали широко использоваться для разделения жидких систем [3].

Баромембранные процессы разделяют раствор на два потока – пермеат и концентрат. В зависимости от поставленной задачи определенные компоненты молочного сырья либо концентрируются, либо удаляются. Процессы протекают при низких температурах (8–10 °С), что обеспечивает микробиологическую безопасность и позволяет сохранить в молоке - белки в нативном состоянии, витамины, ферменты, гормоны.

Наиболее эффективным среди многих баромембранных процессов является процесс ультрафильтрации.

1. Процесс ультрафильтрации

Ультрафильтрация – это фильтрация с помощью полупроницаемых мембран, изготовленных на основе синтетических полимерных (полиамид, ацетат целлюлозы) и керамических материалов под давлением. [4-7]

Молоко, проходя поверх полупроницаемой мембраны, разделяется на пермеат (вода, соли) и концентрат молока (белки, жиры), лактоза при процессе ультрафильтрации делится пополам (рис. 1).

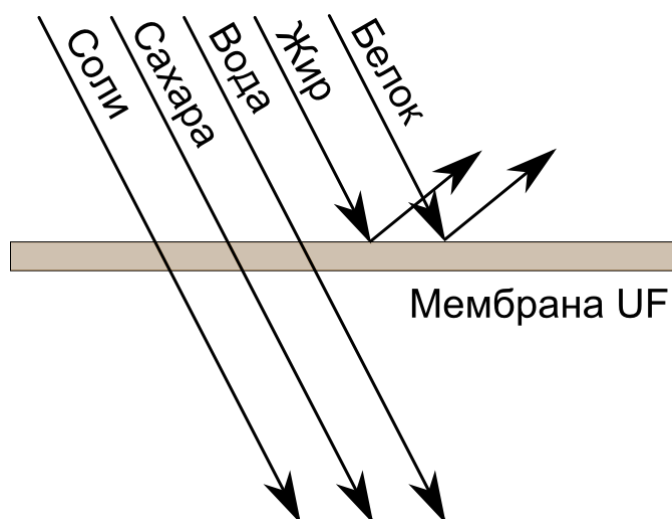


Рисунок 1. Разделение веществ через мембрану при ультрафильтрации.

Для производства высокобелкового молока применяется процесс ультрафильтрации. Мембрана ультрафильтрации пропускает растворенные соли, воду, кислоты и лактозу, так что содержание этих веществ, в процессе концентрации будет оставаться приблизительно на одном и том же уровне по обе стороны мембраны. Мембрана ультрафильтрации задерживает белки и

жиры, значительно повышая концентрацию веществ в молоке. Ультрафильтрация осуществляется при давлении, не превышающем 0,3 – 0,8 МПа. [4-7]. Для такого процесса рекомендовано использовать отечественные керамические мембраны [8]

Преимущества ультрафильтрации при производстве высокобелкового молока:

1. Повышение питательных свойств за счет сохранения белков;
2. Более высокие вкусовые качества высокобелкового молока из обезжиренного молока за счет увеличения содержания белка по сравнению с традиционным молоком.

2. Процесс микрофильтрации

Известно, что продукты, содержащие сывороточные белки, имеют короткий срок хранения [9], поэтому снижение количества микрофлоры в исходном сырье является важным этапом переработки молока, повышающим безопасность конечного продукта и срок его годности. Для этого целесообразно применять процесс микрофильтрации. Это процесс, который осуществляется при давлении, не превышающем 0,1 – 0,6 МПа. Как правило, при микрофильтрации растворенные компоненты проходят через мембрану, а нерастворимые задерживаются, образуя концентрат.

Преимущества микрофильтрации при производстве высокобелкового молока:

1. Микрофильтрация позволяет фракционировать казеин и сывороточные белки, а значит поддерживать требуемый уровень белка в молоке.
2. Сгладить сезонные изменения белкового состава молока.

3. Технология производства высокобелкового молока

Благодаря изучению научно-обоснованного подхода к определению оптимальных условий проведения процесса ультрафильтрационного концентрирования были проведены исследования, направленные на изучение влияния внешних факторов (давление, температура и концентрация) на основные характеристики мембран. Благодаря исследованиям можно построить наглядную схему производства высокобелкового молока (рис. 2).

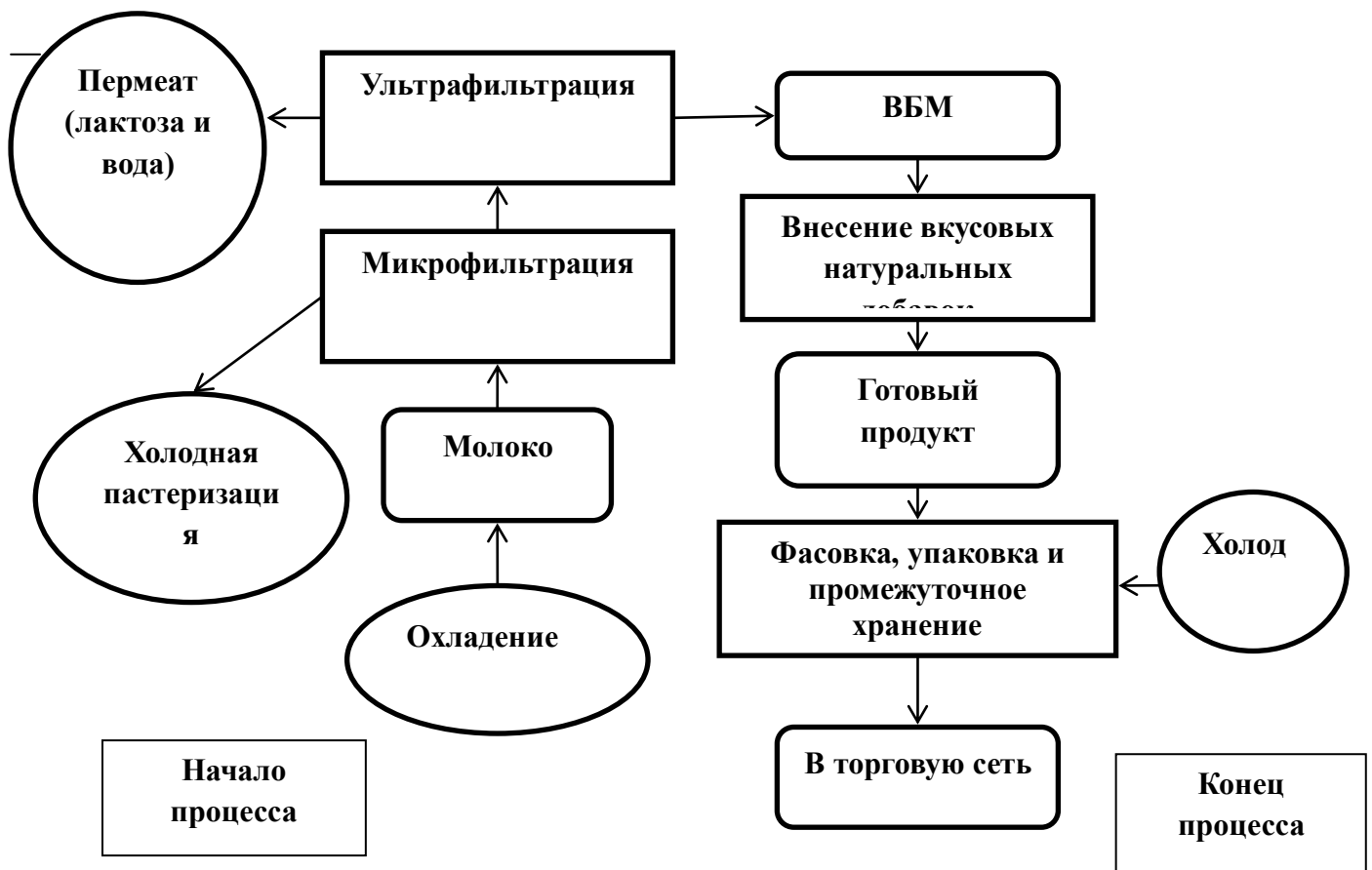


Рисунок 2. Схема производства высокобелкового молока

Обезжиренное молоко, проходя процесс микрофилтрации, выделяет из молока содержащиеся в нем микроорганизмы, дальше проходит процесс ультрафилтрации, разделяется на пермеат и высокобелковое молоко, следующий процесс диафилтрации, удаление лактозы, после в высокобелковое молоко добавляется вкусовые добавки, готовый продукт обрабатывают холодом, фасуют, упаковывают, и можно отправлять в торговую сеть.

Список литературы

1. Байланд, Г. Технология производства молочных продуктов / Г. Байланд. М.: TetraPak, 2010. — 440 с.
2. Харитонов, В.Д. Принципы рациональности применения мембранных процессов / Харитонов В.Д., Димитриева С.Е., Фриденберг Г.В., Донская Г.А. и др. // Молочная промышленность. 2009. № 12
3. Евдокимов, И.А., Володин, Д.Н. и др. Обработка молочного сырья мембранными методами / Молочная промышленность. 2012, №2
4. Применение баромембранных процессов в молочной промышленности Тимкин В.А., Лазарев В.А. Переработка молока. 2017. № 9 (216). С. 62-65.
5. Баромембранные процессы в молочной промышленности Тимкин В.А. Аграрный вестник Урала. 2017. № 6 (160).
6. Баромембранная технология переработки молока – перспективное направление развития отрасли Тимкин В.А. В сборнике: Пища. Экология.

Качество. труды XIV международной научно-практической конференции. 2017. С. 249-253.

7. Баромембранная технология переработки Виктор Андреевич Тимкин, Владимир Александрович Лазарев Молочная промышленность. 2017. № 7. С. 21-23.

8. Применение отечественных керамических мембран Тимкин В.А., Горбунова Ю.А., Лазарев В.А. Молочная река. 2015. № 2 (58). С. 56-58.

9. Забодалова, Л.А., Яковченко, Н.В. Современные направления промышленного производства продуктов на молочной основе: Учеб.- метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. 40 с.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

В.А. Зувевский¹, А.И. Изикаева^{1,2}, Р.Н. Задорожний^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Аннотация. В работе рассмотрено наноструктурирование поверхностей, которое может быть достигнуто электроискровым легированием, проведено исследование поверхностного слоя углеродистой стали 35 с покрытиями, полученными электроискровым легированием на установке «БИГ-1» различными материалами и на различных режимах. Для изучения поверхностного слоя производились определение элементного состава посредством рентгенофлуорисцентной спектроскопии, металлографические исследования и измерение микротвердости.

Ключевые слова: электроискровое легирование, наноструктурирование, металлографические исследования, микротвердость.

SURFACE LAYER OF CARBON STEEL AFTER ELECTRICAL SPARKLING

V.A. Zuevskiy^{1,2}, A.I. Izikaeva^{1,2}, R.N. Zadorozhniy^{1,2}

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Federal state budgetary institution of higher professional education Bauman Moscow State Technical University National research university of technology

Abstract. Suggestions of agriculture machines reliability is becoming very important. In this case multipurpose, economical and high technological way for making machine lifetime longer creating is an actual task. Nano-structuring, which is able to be made by electrical sparking alloying, is one of this methods. The research purpose is to study the abilities of electrical sparking alloying when is used to carbon steel nano-structuring. In this work surface layers with electrical sparking alloying covers on steel 35 with different electrode materials and regimes research was made to reach the purpose. In the study chemical composition by means of X-ray fluorescent was determined, microstructure was shown and microhardness was measured.

Keywords: electrosparkalloying, nano-structuring, metallography testing, microhardness.

Введение

Повышение надежности сельскохозяйственной техники путем восстановления и упрочнения деталей может достигаться различными методами, выбор которых зависит от различных технико-экономических условий и является отдельной сложной задачей [1,2].

В этой связи создание универсального, экономичного и высокотехнологичного способа обработки поверхностей как изношенных, так и новых деталей с целью улучшения их свойств и повышения ресурса является актуальной задачей.

К таким методам относятся наноструктурирование поверхностных слоев и нанесение наноструктурных покрытий. Эти методы позволяют существенно повысить эксплуатационные характеристики инструментальных материалов. Наноструктурными принято считать материалы с размерами зерен менее 100 нм. Действительно, на практике физико-механические характеристики материалов улучшаются по мере измельчения зеренной структуры. Основные различия в поведении наноструктурных и обычных материалов связаны с тем, что в первом случае значительную роль играет сильное увеличение объемной доле границ разделов. Это приводит к новым физическим явлениям и уникальным свойствам, присущим наномасштабу [3].

Различные исследования [4-6] показывают, что создание наноструктур в поверхностном слое материала возможно при помощи электроискрового легирования (ЭИЛ).

Материалы и методы.

Для проведения исследований было подготовлено 10 образцов из стали 35, на которые методом ЭИЛ наносились покрытия на установке «БИГ-1» с применением различных материалов электродов (Cu, Zn, W и WC) и на различных по режимам (варьировались энергия и частота импульсов).

Для изучения поверхностного слоя производились определение элементного состава посредством рентгенофлуоресцентной спектроскопии на установке «Niton XL3t GOLDD+».

Для изучения наноструктурных элементов в составе поверхностного слоя образцов выявили микроструктуру покрытий и модифицированного основного материала. Для определения микроструктуры поверхностного слоя образцов в соответствии с методикой [7] провели металлографические исследования.

Микротвердость поверхностного слоя измерялась в соответствии со стандартом [XX].

Результаты и обсуждение.

Элементный состав поверхностного слоя образцов, обработанных методом ЭИЛ, приведен в таблице 1.

Видно, что химические элементы, содержащиеся в электродах, в различной степени перешли в состав основного материала исследуемых образцов.

Элементный состав образцов

№	Элементы, %										
	Fe	Mn	Re	Si	Al	Co	Ni	Mo	W	Zn	Cu
1	75,72	0,39	-	0,56	-	-	-	0,01	-	-	22,75
2	80,42	0,47	-	3,76	-	2,36	0,21	0,01	12,27	0,12	0,09
3	65,32	0,55	-	1,59	-	5,82	0,27	0,03	25,85	0,16	0,15
4	89,74	0,47	-	0,97	-	-	-	4,42	-	0,01	0,07
5	91,18	0,50	-	3,19	-	-	-	0,01	4,69	0,11	0,05
6	32,72	0,23	66,86	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. Неуказанные химические элементы содержатся в количестве, не превышающем значения, указанные в ГОСТ 1050-2013.

Исследования поверхности и сечения образцов при небольшом увеличении (x50) показывают, что образцы в зависимости от материала и режима обработки отличаются различной сплошностью образованных покрытий. Для более твердых легирующих материалов (W, WC) характерно формирование отдельных участков покрытия относительно большой толщины. Мягкие материалы (Cu, Zn) образуют покрытия высокой сплошности, чем и вызвано их широкое применение при ЭИЛ.

Характерная для всех образцов после обработки ЭИЛ микроструктура представлена на рис. 1 и 2.

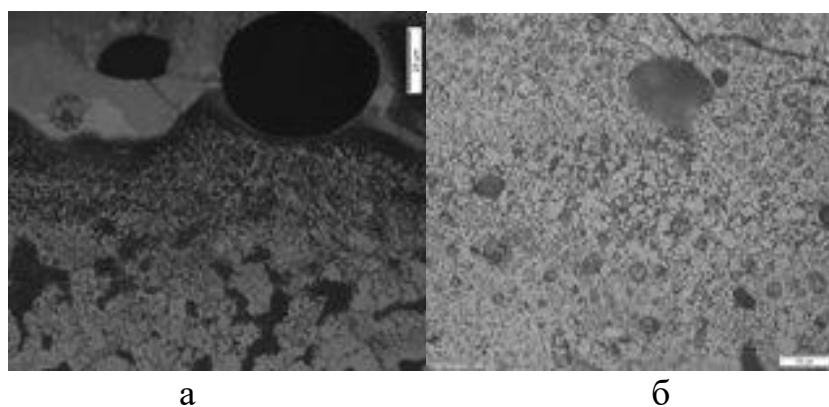


Рис. 1 – Участок с покрытием образца 6 (x1000)
а – зона термического влияния, б – покрытие

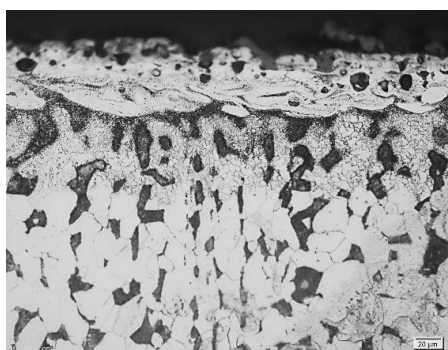


Рис. 2 – Микроструктура образца 5

Микроструктура слоя покрытий, в значительной степени влияющая на прочностные и теплофизические свойства основного материала и зависящая от состава материала электрода и режимов его нанесения, состоит из блоков (зерен), размеры которых могут принимать очень малые значения, исчисляемые нанометрами [9-13]. Что подтверждается проведенными исследованиями микроструктуры поверхностного слоя образцов.

Слой покрытия слабо поддается травлению. Покрытие и основной материал представляют собой четко разделенные фазовые составляющие. Основной материал образца имеет феррито-перлитную структуру, соответствующую структуре среднеуглеродистой стали. Видно, что на глубине примерно 50 мкм структура основного материала сильно изменена. В непосредственной близости от границы раздела основной материал приобретает перлитную структуру, что связано с влиянием легирующих элементов покрытия. Наблюдается значительное измельчение структурных составляющих, зерен основного материала, размер которых составляет порядок 100 нм.

В результате исследования микротвердости по толщине наплавленного слоя и по глубине упрочненного основного металла образцов получены следующие средние значения, которые приведены в таблице 2.

Исследование микротвердости поверхностного слоя образцов показывает возрастание значения этого параметра для всех образцов, подвергнутых обработке ЭИЛ, в различной степени.

Таблица 2

Сравнительный анализ возрастания микротвердости после ЭИЛ

№ образца	Микротвёрдость основного материала, HV 0,05	Микротвёрдость наплавленного слоя, HV 0,05	Возрастание микротвердости, раз
1	225	347	1,5
2		446	2,0
3		774	3,4
4		299	1,3
5		542	2,4
6		625	2,8
7		543	2,4
8		762	3,4
9		570	2,5
10		532	2,4

Выводы по работе.

Ужесточение процесса обработки, т.е. увеличение уровня энергетического воздействия повышает производительность, контролируемую по степени насыщения поверхностного слоя основного материала легирующими компонентами, содержащимися в составе электрода, при ЭИЛ.

Кроме того, «ужесточение» режима может снижать твердость образованного покрытия.

Содержание в образце элементов легирующего электрода зависит от природы взаимодействующих материалов, структуры, режимов обработки.

Более жесткие режимы обработки увеличивают производительность, но снижают механические свойства. Модифицированная структура основного материала в результате ЭИЛ содержит структурные элементы, зерна с размерами порядка 100 нм, что позволяет причислить эти элементы к разряду наноструктурных.

Проведенные исследования показывают, что при ЭИЛ в структуре поверхностного слоя образуются элементы наноструктурного диапазона, что позволяет использовать метод электроискрового легирования для наноструктурирования поверхностного слоя углеродистых сталей.

Список литературы

1. Россия в цифрах. 2018: Крат. стат. сб./ Росстат- М., 522 с.
2. Алпатов, А.В. Рыночные предпосылки создания машинно-технологических компаний в структурах агробизнеса // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. №4 (16).–С. 37–39.
3. Иванов, В.П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. №1.–С. 9–17.
4. Голубев, Иван Григорьевич, Серебровский Вадим Владимирович, Серебровская Людмила Николаевна, Сафронов Руслан Игоревич Мониторинг технологических процессов восстановления деталей // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. №5.–С. 74–75.
5. Панин, В.Е. Наноструктурирование поверхностных слоев конструкционных материалов и нанесение наноструктурных покрытий: учебное пособие / В.Е. Панин, В.П. Сергеев, А.В. Панин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 254 с.
6. Иванов, В.И. Об использовании и развитии метода электроискрового легирования в России // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова / редкол. : Сенин П. В. [и др.] – Саранск : 2016. – С. 26–37.
7. Иванов, Валерий Игоревич, Гитлевич Аркадий Ефимович, Костюков Александр Юрьевич, Коневцов Леонид Алексеевич, Величко Сергей Анатольевич Основы универсальности и эффективности электроискрового легирования и перспективы его развития // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. №2-2.–С. 641–646.
8. Машков, Ю.К., Коротаев, Д.Н., Байбарацкая, М.Ю., Алимбаева, Б.Ш. Исследование наноструктурных покрытий, синтезируемых методом электроискровой обработки // Журнал технической физики. 2015. Том 85. Вып. 10. – С. 75–79.
10. Задорожний, Р.Н., Тужилин С.П. Металлографические исследования стальных образцов упрочненных карбовибродуговой наплавкой // Труды ГОСНИТИ. 2016. Том 124. Часть 2. – С. 57–61.

11. Металлы и сплавы. Измерения твердости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения: ГОСТ Р ИСО6507-1-2007. – Введ. 2008–08–01. – М.: Стандартиформ, 2008.16 с.

12. Верхотуров, А.Д., Иванов, В.И., Коневцов, Л.А. О показателях эффективности формирования поверхностного слоя и его свойств при электроискровом легировании// Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова / редкол. : Сенин П. В. [и др.] – Саранск : 2016. – С. 37–50.

13. Величко, С.А., Сенин, П.В., Иванов, В.И., Чумаков, П.В. Формирование толстослойных электроискровых покрытий для восстановления изношенных деталей силовых гидроцилиндров // ЭОМ. 2016. №5. – С. 13–20.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Иванов

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса»

Аннотация. Проведена оценка состояния тепловых сетей в России. Отражены причины возникновения дефектов в системах ЖКХ. Показана целесообразность проведения ремонтно-восстановительных работ с применением композиционных материалов. Даны предложения по применению ремонтных композиционных материалов для ликвидации дефектов теплосетей городского коммунального хозяйства.

Ключевые слова: *тепловая сеть, ремонтный композиционный материал, технология, дефекты оборудования.*

ADVANCED TECHNOLOGIES FOR ELIMINATION OF DEFECTS IN HEAT AND POWER EQUIPMENT USING COMPOSITE MATERIALS

V.A. Ivanov

FGBOU VO «RGUTIS»

Abstract. An assessment of the state of heating networks in Russia. Reflects the causes of defects in utilities. The expediency of carrying out repair work with the use of composite materials is shown. The proposals on the use of repair composite materials for the elimination of defects of the heating networks of urban utilities are given.

Keywords: *Heating network, repair composite material, technology, equipment defects.*

Основной производственной задачей при эксплуатации тепловых сетей является обеспечение надежного, бесперебойного теплоснабжения потребителей с заданными технологическими параметрами. Эта задача остается актуальной и окончательно не решенной до сих пор. Реальное состояние тепловых сетей таково, что и в начале XXI в. происходят повреждения, которые сопровождаются не только временным отключением потребителей, но и травмированием людей и материальным ущербом третьим лицам.

В России трубопроводы тепловых сетей подземной прокладки составляют большую часть от их общей протяженности, причем только 18% проложены в каналах, а 72% бесканально. Срок эксплуатации трубопроводов, нормативно определенный значением 25 лет, во многих случаях не соответствует их реальному ресурсу. Ускоренная коррозия металла до сих пор является главным препятствием для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации тепловых сетей. Условия коррозионного воздействия на металл в различных зонах залегания тепловых сетей сильно отличаются. [3]

В связи с кризисным состоянием жилищно-коммунального комплекса, деятельность предприятий в этой сфере характеризуется высокими затратами, отсутствием экономических стимулов снижения издержек на производство услуг, неразвитостью конкуренции. Все это приводит к высокой степени износа основных фондов, неэффективной работе предприятий, большим потерям энергии, водных и других ресурсов.

Причиной повреждений подземных теплотрасс является как внутренняя, так и наружная коррозия. Развитие повреждений за счет внутренней коррозии приводит к тому, что уже через 5-6 лет после замены трубопровода в нем появляются утечки теплоносителя в местах локальных дефектов (коррозионные язвы). При этом происходит увлажнение изоляции и, как следствие, образование прогрессирующей наружной коррозии трубопровода. Как показывает практика, при отсутствии неблагоприятных факторов воздействия внешней среды, в которой работает трубопровод, наружная коррозия практически не развивается.

Внутренняя и наружная коррозия трубопроводов могут развиваться как независимо, так и взаимосвязано друг с другом. В случае взаимосвязи первопричиной является внутреннее поражение стенок трубопровода коррозионными язвами до истечения теплоносителя, что ведет к увлажнению изоляции, развитию поверхностной коррозии на некоторой длине теплотрассы. Самостоятельное развитие наружной коррозии обусловлено внешними неблагоприятными гидрогеологическими условиями (подтопление грунтовыми водами или в результате утечек из водонесущих коммуникаций), высокой влажностью в канале теплосети. В большинстве случаев опасная степень наружной коррозии имеет локальный характер и сосредотачивается на участках труб длиной 1-1,5 метра, охватывая не более 25-35% периметра трубы.

По оценочным данным физический износ основных фондов ЖКХ в системах теплоснабжения составил [4]:

Таблица 1

Степень износа фондов ЖКХ

№.№	Фонды ЖКХ	Степень износа, %
1.	Котельные	54,5
2.	Центральные тепловые пункты	50,1
3.	Тепловые сети	62,8
4.	Тепловые насосные станции	52,3

Сегодня приоритетами проводимой государственной технической политики при решении задачи модернизации основных фондов является: внедрение новых технологий и экологически безопасного, надежного и высокопроизводительного оборудования; энергосбережение и развитие малой энергетики в коммунальной сфере.

Предварительный анализ показывает, что разработка и применение современных технологий и материалов, конструкций и оборудования в ЖКХ обеспечивает прогнозируемое увеличение энергоэффективности в 2-3 раза, а снижение затрат на ЖКУ до 30% [1].

В настоящее время наиболее дорогим элементом комплекса водоснабжения и теплоснабжения любого большого города является система транспортирования питьевой и технической воды. Она включает водоводы, теплопроводы, распределительную сеть и устанавливаемые на ней сооружения и арматуру для выключения, регулирования, обслуживания, ремонта и обеспечения надежной и безаварийной работы трубопроводов и арматуры. Только стоимость системы подачи и распределения воды современного города составляет от 40 до 70 % от всей системы водоснабжения. В связи с этим поддержание высокой работоспособности системы транспортирования воды (т.е. своевременное и эффективное техническое обслуживание, ремонт и реконструкция трубопроводов и оборудования по причине их старения или преждевременного износа) остается для городских коммунальных служб приоритетной задачей.

Как показывает отечественная и зарубежная практика, устранение примерно 15-20% дефектов трубопроводов и запорной арматуры в системах тепло- и водоснабжения может быть осуществлено за счет технологии применения для их ремонта металлополимерных композиционных материалов, работающих по методу «холодной сварки». Применение этой технологии позволяет обеспечить значительную экономию материальных и трудовых ресурсов.

В последнее время в технологии ремонта и обслуживания тепловых сетей наметились принципиально новые подходы. Стали применяться композиционные материалы, обладающие высокими физико-техническими характеристиками и универсальностью применения. Их использование в качестве соединительных элементов и в ремонтных целях позволяет заменить традиционные методы соединений (сварку, пайку, клепку и т.п.) новыми технологическими процессами - склеиванием, формованием, заделкой дефектов с помощью металлополимерных и анаэробных материалов.

Опыт работы с композиционными материалами, а также анализ дефектов, возникающих на трубопроводах и оборудовании в системах теплоснабжения, показал возможности широкого применения композиционных материалов для осуществления их ремонта.

Материалы для восстановления оборудования включают в себя металлополимеры универсальные, антифрикционные, керамические, защитные антикоррозионные и противоизносные покрытия, а также анаэробные (отверждаются при условии отсутствия контакта с кислородом *-прим. ред.*)

фиксаторы, анаэробные уплотнители, смазочные «материалы», очистители и другие сервисные и сопроводительные материалы.

Номенклатура используемых и перспективных ремонтных композиционных материалов представлена на рис. 1

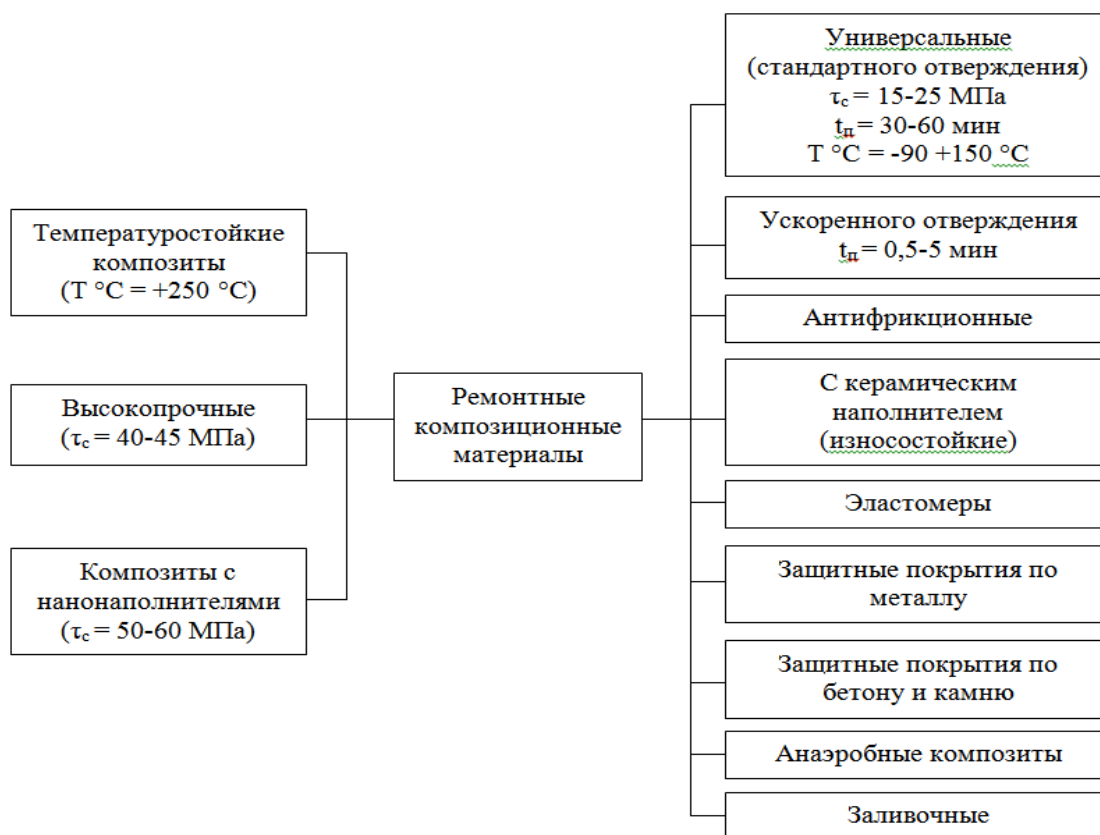


Рис.1 Номенклатура используемых и перспективных ремонтных композиционных материалов

Металлополимеры - это двухкомпонентные полимерные материалы, наполненные мелкодисперсными металлическими и минеральными порошками; они также имеют в своей структуре волокнистые, керамические или кварцевые наполнители. Они могут успешно применяться для устранения неисправностей, ремонта и восстановления оборудования тепловых сетей.

Восстановление деталей металлополимерными композициями имеет ряд специфических особенностей по сравнению с восстановлением деталей металлами (наплавкой, металлизацией, сваркой, пайкой и т.п.), обусловленных, прежде всего использованием химической энергии для превращения олигомера в полимер, т.е. для обеспечения реакции полимеризации. В этом случае необходимо в ходе технологического процесса управлять формированием свойств полимерного материала, показатели которого отличаются от показателей свойств металлической детали. Поэтому незначительное отклонение от оптимальных условий может привести к резкому ухудшению качества восстанавливаемой детали. Принципиальное значение приобретают такие операции как подготовка поверхностей деталей, приготовления и нанесения ремонтных композиций, тепловая и механическая обработка деталей.

Эти операции в дальнейшем рассматриваются более подробно. Структурно они отражены на технологической схеме (Рис. 2).



Рис. 2. Схема технологического процесса ремонта и модернизации деталей ремонтными композиционными материалами

Подготовка поверхностей деталей. Одной из основных операций, определяющих качество восстановления деталей, является подготовка их поверхностей перед нанесением металлополимерной композиции. Ее цель – обеспечить наилучшие условия адгезионного взаимодействия между

композицией и деталью, а также придать поверхности детали необходимую геометрическую форму.

Весь процесс подготовки можно разделить на следующие операции:

- очистку и мойку;
- обезжиривание и химическую обработку;
- сохранение чистоты поверхности до нанесения композиции.

Способность поверхности к склеиванию после обработки повышается в результате дополнительной очистки поверхности от адсорбированных слоев, увеличения поверхности склеивания, искажения кристаллической решетки металла на поверхности. Увеличение поверхности склеивания достигается за счет обработанных поверхностей, но оно не может быть полностью использовано, так как впадины представляют капилляр с открытым кольцом, и воздух, находящийся в нем, создает препятствие для смачивания всей поверхности неровности.

Требованиям ремонтного производства в наибольшей степени отвечает механическая обработка. Химическими и электрохимическими методами трудно выполнить локальную очистку поверхности.

Из механических способов следует рекомендовать точение и растачивание, шлифование, дробеструйную обработку, обработку щетками. Однако на практике не всегда есть возможность механической обработки ремонтируемой поверхности. Дробеструйная обработка в этом случае является более предпочтительной. При дробеструйной обработке деталей происходит поверхностный износ материала, возникают шероховатости и упрочняется поверхность. Все это приводит к тому, что прочность поверхностей, соединенных между собой и подвергнутых обработке дробью выше, чем при их механической обработке.

Для обезжиривания рекомендуется использовать специальные очистители (например «Честер F3» или «Честер F7»), в крайнем случае, ацетон, с последующей обработкой поверхности спиртом.

Приготовление ремонтных композиций. Олигомерные эпоксидные композиции являются многокомпонентными системами, окончательное приготовление которых осуществляется непосредственно на местах работы и незадолго до их применения. Это обусловлено тем, что после смешивания двух компонентов жизнеспособность композиции колеблется в пределах 40-60 мин., что в свою очередь и определяет количество приготавливаемого состава. Перед смешиванием двух компонентов состава между собой, каждый из них должен быть тщательно перемешан разными шпателями.

Компоненты смешивают между собой в соотношении, указанном в инструкции. Анализ показывает, что отклонения в дозировке компонентов на 5-10% не приводят к существенным изменениям свойств композиций при хорошем смешивании композиции.

Анализ различных вариантов перемешивания компонентов вручную показывает, что наиболее благоприятной формой емкостей является круглая или эллиптическая, т.к. в прямоугольной форме в углах остаются неперемешанные части композиции. Форма шпателя имеет вполне

определенное влияние на качество и скорость перемешивания. Для цилиндрического сосуда целесообразной формой шпателя для перемешивания является цилиндрическая. Однако наилучшее качество композиции получается при перемешивании ее на плоской поверхности плоскими шпателями. Перемешивание можно производить на пластмассовых поверхностях, стекле, оргалите, фанере и т.п. Перемешивание осуществляется путем размазывания материала во взаимно перпендикулярных направлениях до получения однородной массы одинакового цвета.

Нанесение и формирование ремонтных композиций. При восстановлении деталей металлополимерными композициями они могут наноситься на поверхности, расположенные под разными углами наклона. В связи с вязкой консистенцией композиции и в связи с наличием гравитационных сил возникает задача по сохранению слоя материала заданных режимов в первый период отверждения. Отсюда следует, что металлополимерные композиции должны обладать вполне определенными реологическими свойствами, обеспечивающими качественное восстановление деталей.

После нанесения слоя композиции на поверхность деталей слой материала необходимо подвергнуть формованию, т.е. силовому воздействию с целью придания требуемой формы. При склеивании деталей или наложении заплат формирование слоя обеспечивает плотное распределение материала по площади склеивания, а также уменьшение размера воздушных включений. При восстановлении изношенных деталей формование обеспечивает получение заданных параметров, а также некоторое улучшение свойств отвержденного материала.

Тепловая и механическая обработка деталей. Отверждение эпоксидных олигомеров при комнатной температуре обычно не заканчивается, и малейшее повышение температуры окружающей среды по сравнению с комнатной температурой приводит к изменению физико-механических свойств композиции. Дополнительный нагрев может быть осуществлен также за счет нагрева детали в процессе работы машины. Наиболее целесообразно отверждение композиции при температуре окружающей среды до затвердевания, а затем дополнительный нагрев и выдержка при более высокой температуре.

Механическая обработка отвержденной композиции необходима для удаления заусенцев, снятия острых кромок. Поскольку при механической обработке наблюдается прямая корреляция между скоростью деформирования и скоростью резания, то все прочностные характеристики и модуль упругости материала возрастает при увеличении скорости резания.

Обработка полимерных материалов режущим инструментом может быть рассмотрена как разновидность процесса управляемого разрушения. Определяющими факторами технологического процесса механической обработки деталей из полимерных материалов являются физико-механические свойства.

При обработке деталей вручную напильником, а также при фрезеровании, сверлении необходимо избегать усилий в результате резания, вызывающих отслаивание покрытий от металла.

В настоящее время ремонтные композиционные материалы (РКМ) успешно применяются для ремонта оборудования и изделий в различных отраслях промышленности, в том числе в автомобильной, судостроительной, целлюлозно-бумажной, машиностроительной, а также в жилищно-коммунальном хозяйстве при эксплуатации систем водоснабжения, теплоснабжения, газоснабжения. Примеры применения РКМ для восстановления оборудования в ЖКХ представлены на рис.3.

Рациональное использование физико-химических свойств ремонтных композиционных материалов позволяет снизить трудоемкость ремонта на 20%, себестоимость работ - на 15-20%, сократить расход металлов на 40-50%. Это обусловлено тем, что такая технология не требует сложного оборудования и высокой квалификации работающих, позволяет производить ремонт без разборки узлов и агрегатов, а также соединений, которые, с точки зрения безопасности, трудно и опасно ремонтировать известными способами. [2]



Восстановленное посадочное место вала под рабочее колесо центробежного насоса.



Восстановленное рабочее колесо центробежного насоса.



Восстановленное посадочное место подшипника.



Заделка течи трубопровода.



Восстановленное зеркало задвижки.

Рис. 3. Примеры выполненных ремонтных работ с использованием РКМ

Предложенные технологии с использованием ремонтных композиционных материалов позволяют обеспечить оперативное устранение дефектов и дальнейшую надежную эксплуатацию оборудования.

Список литературы:

1. Иванов, В.А., Тулинов, А.Б. Восстановление повреждений блоков цилиндров автомобилей с использованием ремонтных композиционных материалов. // В сборнике: Современные технологии сборки Материалы V международного научно-технического семинара. Под редакцией И.Н. Зининой. 2017. С. 150-154.

2. Ищенко, А.А. Технологические основы восстановления промышленного оборудования современными полимерными материалами. – Мариуполь: ПГТУ, 2007, - 250 с.

3. Тулинов, А.Б., Иванов, В.А. Результаты исследования физико-механических свойств анаэробных материалов. // Промышленный сервис. 2018. № 1 (66). С. 13-18.

4. Хейфец, А.И. Внедрение системы мониторинга состояния технологического оборудования тепловых сетей, опыт и перспектива использования. // Журнал «Новости Теплоснабжения» № 4 (92) 2008 г.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХТОННЫХ ЧУГУННЫХ ИЗЛОЖНИЦ ПРИ ЛИТЬЕ ЦИНКОВЫХ БЛОКОВ

М.А. Иванов

Южно-Уральский государственный университет

Аннотация. Работа посвящена исследованию влияния предела текучести чугуна на уровень накопления пластических деформаций при литье цинковых блоков. Показано, что повышение предела текучести материала изложницы приводит к снижению накопленных пластических деформаций, а, следовательно, к повышению стойкости работы двухтонной чугунной изложницы. Для этого необходимо переходить на высокопрочные чугуны с пределом текучести не менее 400 МПа.

Ключевые слова: *чугунная изложница, напряжения, деформации, цинковые блоки, предел текучести.*

ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF TWO-TON CAST-IRON MOLDS IN THE CASTING OF ZINC BLOCKS

M.A. Ivanov

South Ural State University

Abstract. The work is devoted to the study of the influence of the cast iron yield strength on the level of accumulation of plastic deformations in the casting of zinc blocks. It is shown that an increase in the yield strength of the mold material leads to a decrease in the accumulated plastic deformations, and, consequently, to an increase in the resistance of a two-ton cast iron mold. To do this, it is necessary to switch to high-strength cast iron with a yield strength of not less than 400 MPa.

Keywords: *cast iron mold, stresses, strains, zinc blocks, yield strength.*

Чугунные изложницы востребованы на многих металлургических предприятиях России и Казахстана, где изготавливают цинковые блоки, например, на ПАО «Челябинский цинковый завод» г. Челябинск, ОАО «Электроцинк» г. Владикавказ, ОАО «Беловский цинковый завод», г. Белов, ТОО «KazzincHoldings» г. Усть-Каменогорск. Изложницы в период их эксплуатации подвергаются знакопеременным многократным циклам нагрева до 450 °С от заливаемого расплава цинка и последующему охлаждению в проточной воде [1].

Традиционным материалом для изготовления изложниц с момента начала их использования вплоть до настоящего времени служит серый чугун [2]. Произошло это не случайно и объясняется, прежде всего, тем, что чугун издавна являлся легко доступным, широко распространенным, дешевым и, самое главное, технологичным материалом в литейном производстве. Однако такая оценка чугуна совсем не означает, что его свойства полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к теплофизическим и физико-механическим параметрам материалов, применяемых для деталей (конструкций), работающих в условиях термического удара и термоциклов. Вместе с тем, практика длительного использования чугуна для вышеуказанной цели показывает, что он обладает целым рядом необходимых достоинств, которые делают его и сейчас незаменимым материалом для изложниц. Например, при литье цинковых блоков чугунная изложница хорошо сопротивляется коррозии при охлаждении в ванне с проточной водой.

Установлено [3-5], что лучше работают в условиях термического удара и теплосмен материалы с более высокой теплопроводностью, низким коэффициентом линейного расширения и наибольшей упругой деформацией. Способность металла, работать в упругой зоне без накопления пластических деформаций оценивается пределом текучести металла. Если можно было бы подобрать для данных условий эксплуатации металл, предел текучести которого выше возникающих термических напряжений, то изложница работала бы только в упругой зоне, что резко повысило бы её стойкость.

Проведем исследования влияния предела текучести двухтонной изложницы на накопленные деформации методом конечных элементов. Для начала необходимо установить основные закономерности формирования температурного поля при заливке цинка и напряженно-деформированное состояние изложницы при циклическом процессе нагрева и остывания.

Температурное поле при заливке цинком рассчитывалось исходя из температуры расплава 450 °С и температуры охлаждающей воды 20 °С. С учетом быстрого заполнения расплавом и достаточно длительного периода кристаллизации примем в качестве температурной расчетной схемы стационарную (рис. 1). Данное положение является наиболее жестким условием, соответствующим начальному этапу заливки цинка, так как внутренние поверхности стенки изложницы наиболее нагружены.

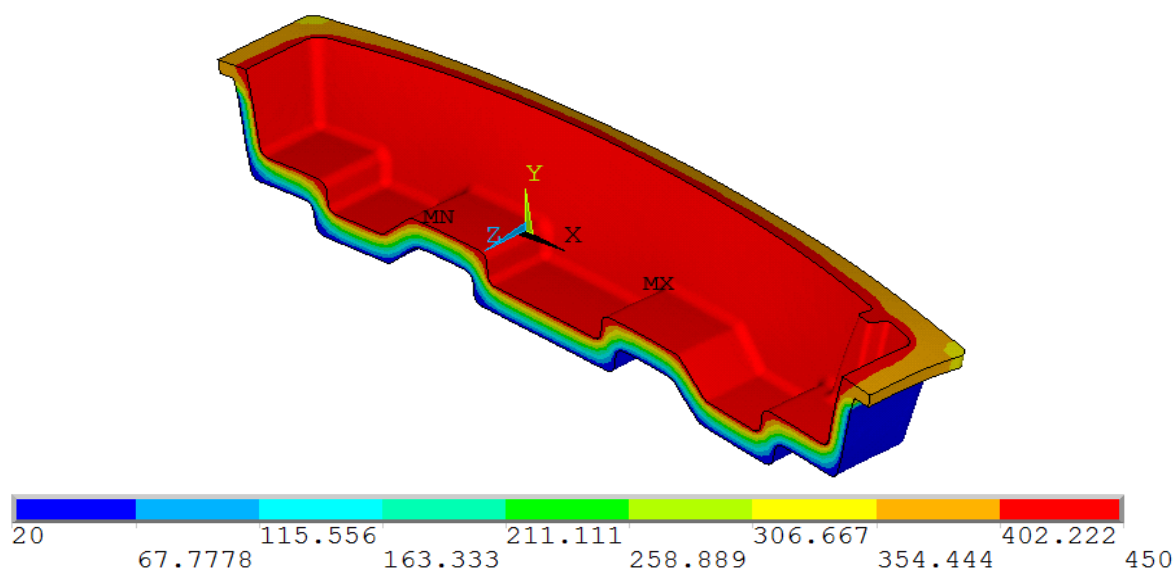


Рис. 1. Стационарное температурное поле изложницы

Напряжения и деформации определялись путем решения сопряженной задачи механики. Модуль упругости принимался равным 100 ГПа, коэффициент Пуассона 0,3, предел текучести для 200 МПа.

Интенсивность пластических деформаций по Мизесу ($\text{vonMisesplasticstrain}$) в конце первого рабочего цикла иллюстрирует рис. 2.

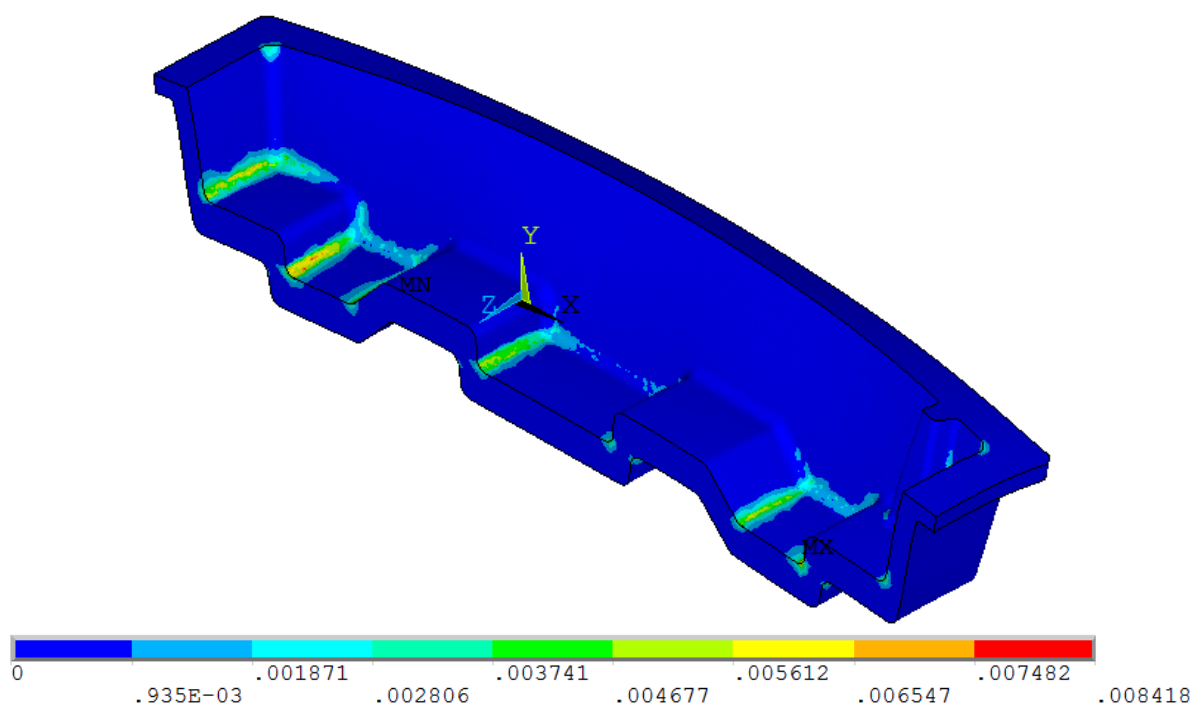


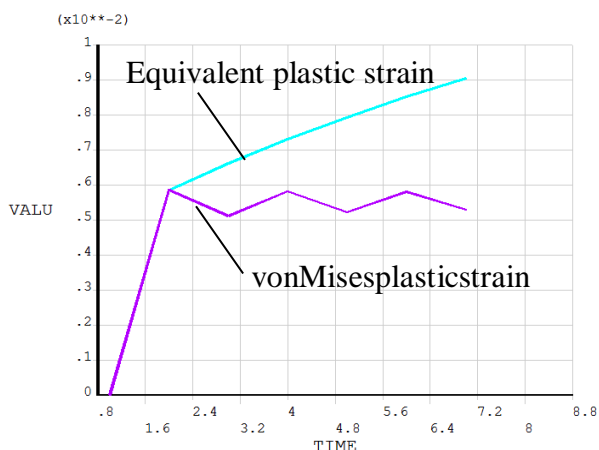
Рис. 2. Интенсивность пластических деформаций по Мизесу по окончании первого рабочего цикла изложницы. Максимальное значение 0,84%

Рис. 3а показывает кинетику изменения во времени от цикла к циклу интенсивности пластических деформаций по Мизесу ($\text{vonMisesplasticstrain}$) и

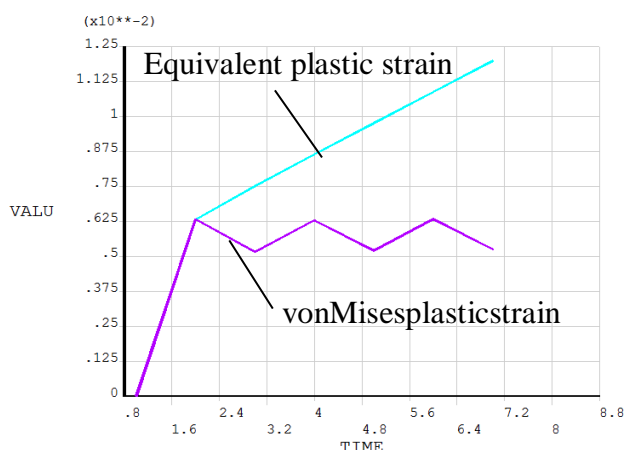
накопленной пластической деформации (Equivalentplasticstrain). Видно, что темп накопления пластических деформаций зависит от модуля пластичности (TangMod) билинейной диаграммы деформирования (BilinearIsotropic). С уменьшением модуля темп накопления деформаций возрастает (рис. 3б).

Как и ожидалось, значимое влияние на темп накопления деформаций оказывает предел текучести материала изложницы. На рис. 4 представлена кинетика величин пластических деформаций при увеличении предела текучести с 200 МПа до 400 МПа. Наблюдаем положительный эффект – рост деформаций прекратился после второго рабочего цикла. Произошло термоупрочнение чугуна.

Таким образом, необходимо выбрать для изложницы новый материал, с пределом текучести не менее 400 МПа, чтобы исключить или минимизировать накопление пластических деформаций во время её работы. Такими чугунами могли бы быть чугун с шаровидным графитом ВЧ60, ВЧ70 по ГОСТ 7293-85, чугун с вермикулярным графитом ЧВГ 45 по ГОСТ 28394-89, легированные чугуны ЧНХМДШ, ЧНМШ по ГОСТ 7769-82. Для принятия окончательного решения об использовании в производстве необходимо произвести дополнительные исследования, связанные с экономичностью и технологичностью выплавки таких изложниц.



а) Тангенциальный модуль 2000 МПа



б) Тангенциальный модуль = 0 (диаграмма деформирования Прандтля)

TIME=1 – исходное состояние, TIME=2 – заливка цинком, TIME=3 – охлаждение до комнатной температуры, TIME=4 – вторая заливка цинком и т.д.

Рис. 3. Накопление пластических деформации в зоне их максимальной концентрации в двухтонной чугунной изложнице при заливке цинка с температурой 450 °С.

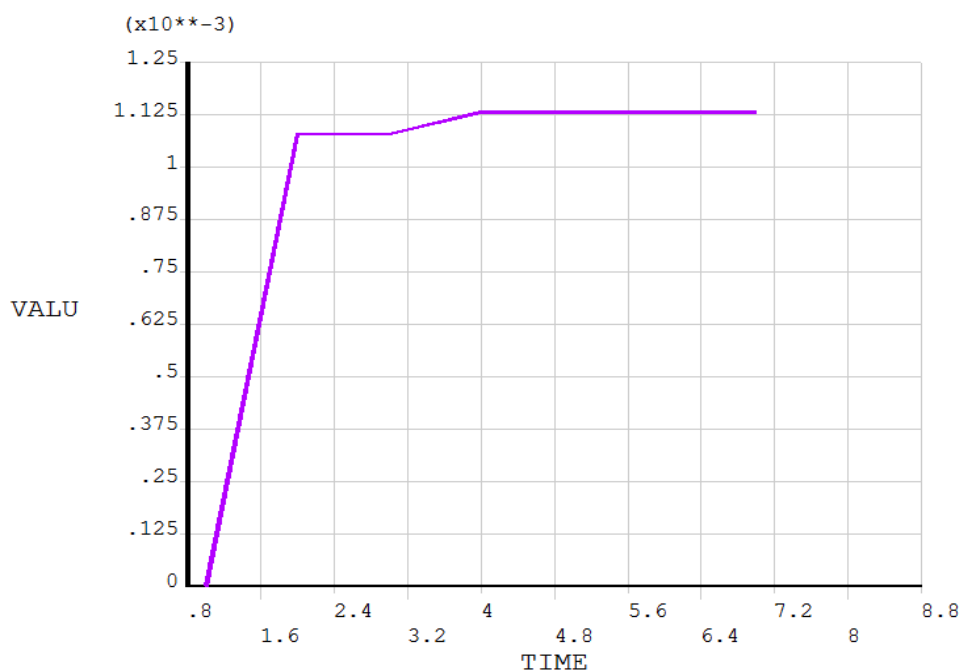


Рис. 4. Пластические деформации «Equivalent plastic strain» и «von Mises plastic strain» – кривые совпали. Предел текучести 400 МПа, тангенциальный модуль 2000 МПа

Заключение

1. Температурные напряжения при заливке и охлаждении изложницы приводят к появлению зон пластических деформаций в области конструктивных концентраторов напряжений как на внутренней, так и на наружной поверхности изложницы.

2. Снижение темпа роста пластических деформаций может быть достигнуто за счёт повышения предела текучести материала изложницы до 400 МПа.

3. Необходимо рассмотреть детальнее внедрение новых высокопрочных марок чугунов, таких как чугун с шаровидным графитом ВЧ60, ВЧ70 по ГОСТ 7293-85, чугун с вермикулярным графитом ЧВГ 45 по ГОСТ 28394-89, легированные чугуны ЧНХМДШ, ЧНМШ по ГОСТ 7769-82 с учетом их экономичности и технологичности выплавки.

Список литературы

1. Иванов, М.А. Температурные поля изложницы при литье однотонных блоков цинка / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Б.А. Кулаков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2005. – Вып. 6. – №10 (50) С. 99–101.

2. Исследование температурных напряжений в квадратных изложницах для слитков спокойной стали массой 6,2 т Челябинского металлургического завода / А.В. Кукса, А.Ф. Демидов, Н.В. Кейс, Т.Н. Ярцева // Повышение стойкости изложниц. – М., 1974. – №2. – с. 89-98.

3. Большаков, Л.А. Экспериментальное исследование напряженного состояния изложниц / Л.А. Большаков, А.Г. Чоповский // Повышение стойкости изложниц. – М., 1974. – №2. – с.108-110.

4. Швецов, В.И. Повышение стойкости изложниц для цинковых блоков / В.И. Швецов, Б.А. Кулаков, М.А. Иванов // Литейщик России. – 2005. – № 10. – С. 40–43.

5. Иванов, М.А. Работоспособность изложниц из высокопрочного чугуна при литье цинка / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Б.А. Кулаков // Литейщик России. – 2006. – № 9. – С. 18–21.

УДК 621.793.74

УПРОЧНЕНИЕ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ОПЛАВЛЕНИЕМ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУЕЙ В РЕЖИМЕ МОДУЛЯЦИИ МОЩНОСТИ ПЛАЗМОТРОНА

А.М. Кадырметов, В.Н. Бухтояров, А.В. Викулин, В.О. Воронежский,
В.А. Горюшкин

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются способы упрочнения плазменных покрытий и возможности применения модуляции мощности плазматрона. Рассматриваются достоинства и недостатки применения модуляции электрических параметров плазматрона.

Ключевые слова: *плазменное напыление, модуляция электрических параметров, покрытие, упрочнение, плазменный поток.*

HARDENING OF THERMAL SPRAY COATING FLOW BY THE PLASMA JET IN THE MODE MODULATIONS OF POWER OF THE PLASMATRON

Kadyrmetov A.M., Bukhtoyarov V.N., Vikulin A.V., Voronetsky V.O.,
Goryushkin V. A.

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov"

Abstract. In article ways of hardening of plasma spray and the possibility of application of modulation of power of the plasmatron are considered. Merits and demerits of application of modulation of electric parameters of the plasmatron are considered.

Keyword: *plasma spray, modulation of electric parameters, coating, hardening, plasma flow.*

Существуют различные методы упрочняющей обработки, такие как: термообработка напыленных покрытий в вакууме, обкатывание роликовым или шариковым инструментом, оплавление, лазерная, электронно-лучевая, электроконтактная, магнитоимпульсная и ультразвуковая обработка. Определенное место среди данных способов занимает оплавление покрытий плазменной струей.

Традиционно процесс напыления и оплавления осуществляется одним и тем же плазматроном. Оплавление деталей цилиндрической формы проводится

при той же мощности сжатой дуги, что и напыление, но при частоте вращения 10...14 мин⁻¹ и дистанции 50...70 мм [1].

Главным условием в процессе оплавления является равномерный нагрев поверхности детали и слоя покрытия. Нагрев покрытия из самофлюсующихся сплавов производится до температуры появления жидкой фазы. При этом за счет расплавления легкоплавкой составляющей структуры – эвтектики – жидкая фаза появляется за 100...150 °С до полного расплавления покрытия. В то же время исходные составляющие структуры сплавов (твердый раствор и карбиды) остаются в твердом состоянии и сохраняют общую целостность покрытий. Возникшая жидкая фаза заполняет образовавшиеся при напылении поры, обеспечивая диффузию элементов, в результате чего происходит окончательное формирование структуры покрытия. При этом самофлюсующиеся элементы – бор и кремний – диффундируют в металл поверхности основы, а железо из металла основы диффундирует в покрытие.

В результате традиционного оплавления покрытий из самофлюсующихся сплавов [2] твердость покрытий составляет 49...53 HRC₃. Износостойкость в 5 раз превышает износостойкость стали 45, закаленной до твердости 54...56 HRC₃. Сопротивление усталости образцов с покрытиями после оплавления повышается на 20...25%, а прочность соединения покрытия с подложкой достигает 350 МПа. При этом зона перемешивания оплавленного и основного металлов составляет 0,01...0,05 мм.

Существенным недостатком плазменного нагрева является то, что плазменная струя, обладая высокой температурой и значительной концентрацией энергии, весьма быстро нагревает поверхность покрытия при недостаточном нагреве поверхности детали и, тем самым, часто приводит к свертыванию оплавляемого покрытия. Также нарушение слоя покрытия может произойти в результате высокой скорости истечения плазменной струи и значительного давления на напыляемую поверхность. Кроме того, в результате перегрева покрытия первичные кристаллы карбидов и боридов хрома переходят в жидкий раствор и при последующей кристаллизации образуют более грубую структуру, ухудшая качество покрытия.

Ликвидировать или свести к минимуму данные недостатки можно за счет энергии плазменной струи, подводимой к покрытию помощью несущей малой мощности дуги и наложенных на нее отдельных импульсов с управляемыми параметрами по длительности, амплитуде и частоте следования импульсов. Это представляется возможным осуществить за счет введения в электрическую схему управления плазмотрона специального модулятора, что позволит обеспечить проплавление заданного участка покрытия без перегрева основы, подобно лазерному воздействию.

Использование модуляции электрических параметров плазмотрона применительно к оплавлению покрытий информационных источников не выявлено. Однако, известны способы наложения импульсов тока прямой и обратной полярности на стационарный ток как косвенной, так и прямой дуги плазмотрона, которые позволяют искусственно увеличить турбулизацию плазменного потока, повысить, за счет повышения напряжения на дуге,

энергетический КПД плазмотрона, получить пульсацию плазменной струи с возможностью ее регулирования [3]. Это обстоятельство позволяет использовать данный способ и при оплавлении плазменных покрытий.

Для реализации процесса оплавления покрытий модулируемой плазменной струей необходимо обеспечить подведение высокой плотности тепловой энергии к малым объемам материала покрытия за время, достаточное для проплавления выбранного участка на требуемой глубине. При этом использование модулятора тока дуги плазмотрона обусловлено его преимуществами в относительной простоте реализации, в отсутствии необходимости конструктивного усложнения плазмотрона и в более высоком КПД волнового воздействия.

Модуляция тока дуги плазмотрона позволяет обеспечивать скорости нарастания мощности импульса до 1 кВт/мкс и повышать температуру во фронте волны в 1,4 раза по сравнению с температурой в той же точке стационарной струи. Это обстоятельство создает удобства по управлению величиной теплового потока при оплавлении покрытий.

Для обеспечения пульсации мощности плазменной струи, необходимой для подведения к покрытию оптимального теплового потока, скорость нарастания тока должна быть не менее 10^8 А/с.

Обобщая, можно сделать вывод о том, что оплавление газотермических покрытий плазмотроном с модуляцией его электрических параметров потенциально является эффективным способом подведения высоких плотностей мощности к малым объемам покрытия. С использованием данного метода предлагается устранить или свести к минимуму недостатки, присущие традиционному способу оплавления. Это связано с возможностью исключения значительного термического воздействия на подложку, существенно снижающего циклическую долговечность детали с покрытием и вызывающего ее коробление. Это также связано со сведением к минимуму размеров зоны проплавления основы и, как результат, к уменьшению перемешивания материала покрытия с материалом основы, ухудшающего физико-механические свойства покрытия. Кроме этого, оптимально подобранные режимы оплавления позволят проплавливать покрытия по всей глубине, что даст возможность исключить поры в подповерхностных слоях покрытия.

Поскольку данный процесс не изучен, то он требует основательной теоретической проработки и экспериментального подтверждения. При этом следует обеспечить следующие требования к технологии оплавления. Упрочняющее воздействие должно эффективно изменять структуру покрытий на всех уровнях и через нее повышать прочностные характеристики и устойчивость к пиковым значениям напряжений нагрузки. Кроме этого, упрочнение покрытия не должно увеличивать себестоимость восстановления детали более чем в 1,5 раза [4], а трудоемкость окончательной механической обработки упрочненных покрытий должна быть полностью исключена или сведена к минимуму.

Приведенные данные позволяют предположить, что оплавление газотермических покрытий с модуляцией параметров плазмотрона существенно

не повлияет на изменение этих требований. Так же, как и для традиционного оплавления стационарной плазменной струей, данную операцию наиболее рационально использовать сразу же после напыления покрытия. При этом переналадка используемого оборудования будет сведена к минимуму без переустановки детали.

Применение новой технологии позволит исключить или уменьшить недостатки, присущие традиционному оплавлению, а это в свою очередь означает, что преимущества присущие газотермическим покрытиям сохранятся. При этом, по предварительным предположениям, произойдет улучшение эксплуатационных свойств – повысится твердость, износостойкость, прочность соединения покрытия с основой и др.

Для придания изделию окончательных размеров и доведение поверхности покрытия до требуемой шероховатости газотермические покрытия необходимо подвергать окончательной механической обработке. Поскольку оплавленные плазменные покрытия из некоторых часто используемых сплавов, например, самофлюсующиеся на никелевой основе, обладают повышенной твердостью и пониженной теплопроводностью, то имеется ряд особенностей последующей обработки данных покрытий, связанных с тем, что применение обычных режимов механической обработки приводит к возникновению трещин, сколов и дополнительных термических напряжений. Наиболее оптимальным по мнению В.И. Черноиванова [4], является механическая обработка газотермических покрытий с использованием алмазного инструмента. Однако и этот метод имеет недостатки, заключающиеся в трудоемкости операции, дороговизне и недолговечности используемого инструмента.

При использовании технологии оплавления газотермических покрытий с модуляцией параметров плазмотрона при восстановлении деталей машин не удастся избежать окончательной механической обработки упрочненных покрытий. Однако, ее уровень трудозатрат не будет превышать трудоемкости, присущей традиционному методу оплавления.

Из всего сказанного следует, что предлагаемый метод в наибольшей степени отвечает всем условиям, которые предъявляются к упрочняющей обработке газотермических покрытий. При этом решается основная кардинальная задача повышения надежности и долговечности изделий при снижении трудовых и материальных затрат.

Список литературы

1. Кадырметов, А. М. Теоретические основы и технологическое обеспечение качества плазменного нанесения и упрочнения покрытий модуляцией электрических параметров: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.02.07, 05.02. 08 / А. М. Кадырметов; ВГЛТА. - Воронеж, 2013. – 32 с.

2. Кадырметов, А. М. Управление технологическим обеспечением процессов плазменного нанесения покрытий в режиме модуляции электрических параметров / А. М. Кадырметов. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2013. – 260 с.

3. Kadyrmetov, A. M. Features of thermal processes of plasma deposition and hardening of coatings with external modulation parameters of the arc / A. M. Kadyrmetov, S. N. Sharifullin, A. F. Maltsev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V. 134. – 012009. – pp. 1-7. / <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/134/1/012009/pdf>.

4. Соснин, Н. А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров / Н. А. Соснин, С. А. Ермаков, П. А. Тополянский. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та. – 2008. – 406 с.

ТЕХНОЛОГИЯ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА И ИДЕНТИФИКАЦИИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСА

Н.В. Казаков, Р.Н. Кривошеева

Тихоокеанский государственный университет

Аннотация. В статье представлена технология информатизации и автоматизации учета лесных ресурсов и заготавливаемых круглых лесоматериалов. Показана взаимосвязь между актуализацией данных о лесных ресурсах в информационной системе лесозаготовительного предприятия и эффективностью его практической деятельности.

Ключевые слова: технология, учет, маркировка, клеймение, информатизация, автоматизация, управление.

TECHNOLOGY AND MEANS OF ACCOUNT AUTOMATION AND IDENTIFICATION OF ROUND FOREST MATERIALS IN REAL FOREST CONDITIONS

N.V. Kazakov, R.N. Krivosheeva

Pacific national university

Abstract. The paper presents a technology for informatization and automation of accounting for forest industrial wood resources and manufactured timber products. The relationship between the actualization of data on wood resources in the information system of a timber enterprise and the effectiveness of its practical activities is shown.

Keywords: technology, accounting, marking, branding, informatization, automation, control

Приоритетными направлениями развития лесного комплекса являются совершенствование организации лесопромышленного производства и повышение эффективности всех фаз лесозаготовительного процесса. Одной из проблем лесопромышленного сектора экономики РФ является соблюдение законности промышленного лесопользования.

Учет древесных ресурсов и маркирование продукции из древесины, средствами дистанционного мониторинга и контроля ее перемещений, определяется нормами лесного права и подзаконными актами.

Разработка и реализация информационной системы лесопромышленного предприятия предопределяет моделирование входящих и исходящих компонентов и их взаимосвязей.

Одним из распространенных подходов информатизации учета лесных ресурсов является системное моделирование, построенное на интеграции классических имитационных моделей операций и машин с пространственными цифровыми моделями рельефа и древостоя лесосеки [1, 7, 8].

Основы метода учета древесины для промышленного лесопользования и его алгоритмические особенности раскрыты в авторских исследованиях [2-7]. Построение пространственно-математической модели осуществляется в глобальных и локальных координатах. В тематических слоях локального уровня на основе лазерной локации древостоя для каждого k -го дерева определяются их координаты $S_k = f(x, y, z)$, данные о породе P_k , высоте H_k , форме F_k и диаметре кроны $D^{кр}_k$. Проверяются полученные параметры деревьев древостоя на наличие аналитических ошибок идентификации размеров по условиям ограничений, заданных совместной модификацией дифференциального закона распределения их вероятности $\varphi(Z_j)$, представленной в работе [1]:

$$\varphi(Z_j) = \sum_{i=1}^n \left\{ \alpha_i \left(\frac{1}{2\pi\delta_{5i}^2\delta_{9i}^2} \right) * (\exp(-[B_5 + B_9])) \right\} \forall, \quad (1)$$

где n – количество мод закона распределения;

α_i – коэффициенты, определяющие долю i -й моды для j -й переменной в композиционном законе.

Здесь значение B_m , определяется выражением:

$$B_m = \frac{(R_m - r_m)^2}{2\delta_{mi}^2}, \quad (2)$$

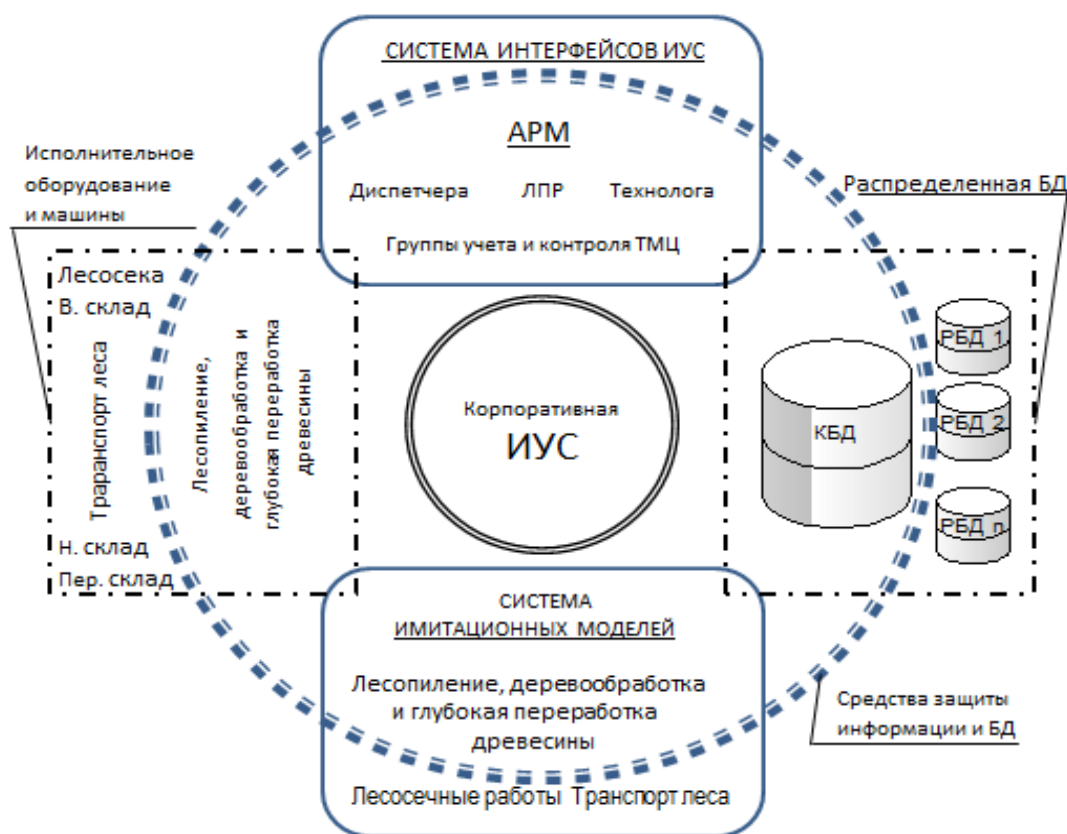
где соответственно: δ_{mi}^2 , R_m , r_m – m -мерные параметры:

$$R_m = \sum_{j=1}^k b_j \overline{z_j}, \quad r_m = \sum_{j=1}^k a_j \overline{z_j}, \quad (3)$$

где m – условная факторная плоскость; k – число переменных; j – переменная характеристик деревьев; $\overline{z_j}$ – j -я характеристика деревьев древостоя; a_j , b_j – коэффициенты факторных вкладов, реализованы в программном комплексе [1, 10].

Совокупность полученных экспериментальным путем данных, их статистическая обработка, включающая формализацию закономерностей основных показателей деревьев, обеспечивает надежность системы автоматизированного учета и идентификации круглых лесоматериалов [1].

Основные элементы системы автоматизированного учета и идентификации круглых лесоматериалов, включают унификацию и структуризацию данных и информационных потоков, исследуемых процессов, обеспечивают локацию древостоя и рельефа лесосеки эффективными классификаторами и позволяют реализовать пространственно-математическое моделирование, структурная схема которого представлена на (рис. 1).



АРМ – автоматизированное рабочее место, ИУС – информационно-управляющая система, ЛПР – лицо, принимающее решение, КБД – корпоративная база данных

Рис. 1. Структура информационно-управляющей системы (ИУС) учета и идентификации потоков круглых лесоматериалов

Одной из основных целей формирования пространственно-математической модели является создание виртуальной модели древостоя лесосеки на рельефе местности. В среде виртуальной модели древостоя можно с высокой точность выполнять целый спектр различных расчётов, действий и работ, включающих маркировку (электронно-виртуально) деревьев с учетом их функционального назначения (например, подлежащие рубке $S^{py\delta}_j$), в т.ч. и для использования в навигационных целях (реперов) S^{pen}_l , привязку к существующим поквартальным и повидельным сетям, количественную оценку потенциального выхода z -го сортимента $S^{py\delta}_{jz} = f(S^{py\delta}_j, H_k, D^{cm}_k, C_k)$, подготовку и выполнение работ по отводу лесосечного фонда на местности. Осуществление планирования работ, выбора наиболее эффективного пути следования лесозаготовительного комбайна $\bar{R} = f(r(t), S_k, S^{pen}_l, S^{py\delta}_j, S^{py\delta}_{jz}, \bar{R}, \Psi^{onm})$ и мест технологических стоянок T^{cm}_i , обеспечивающих однозначную досягаемость к группе $S^{py\delta}_j$ каждой i -й стоянки. Генерирование программ $P^{CAV} = f(r(t), S_k, S^{pen}_l, S^{py\delta}_j, S^{py\delta}_{jz}, \bar{R}, \Psi^{onm})$ систем автоматического управления соответственно лесозаготовительных P^{CAV}_l комбайнов и транспортных P^{CAV}_m модулей и подпрограмм клеймения P^p_m и учета P^p_y перемещений $S^{py\delta}_{jz}$ произведенной продукции для P^{CAV}_l комбайна и P^{CAV}_m транспортного модуля.

Применение виртуальной маркировки растущих деревьев на лесосеке позволяет автоматизировать учет древесины, контроль ее перемещений в корпоративной информационной системе и в среде Единой государственной автоматизированной информационной системы “Учёта древесины и сделок с ней”, обеспечить оперативное решение хозяйственных и технологических вопросов, формирование потенциального адресного банка сортиментов и избежать проблем коллизии, неизбежных при маркировке электронными устройствами деревьев под пологом леса [7, 9, 10].

Процедура автоматического клеймения электронными идентификаторами заготавливаемых круглых лесоматериалов реализуется встроенным в процессорную головку приспособлением 3 путем внедрения в волокна древесины модифицированного электронного идентификатора, обладающего низкой стоимостью, малыми габаритами, практичностью, высокой надежностью и долговечностью работы. Функционирование электронных идентификаторов, а также их считывателей обеспечивающих дальнейший бесконтактный групповой учет (контроль) осуществляются в соответствии с известными способами, отмеченными в работе [1]. Операции наведения процессорной головки 2 манипулятором 1 на дерево подлежащее рубке выполняются известным способом. В отличие от общепринятой маркировки заготавливаемых круглых лесоматериалов их клеймение идентификатором 4 осуществляется в нижний торец до выполнения первичной обработки (рис.2). Связь маркированного сортимента и входящей информации о происхождении древесины и параметрах заклеянной продукции с уникальным кодом электронного идентификатора обеспечивается в базе данных.



где 1- манипулятор; 2 - харвестерная головка; 3 – устройство клеймения;
4 – пассивный идентификатор (РЧИ)

Рис. 2. Схема клеймения заготавливаемых круглых лесоматериалов

Организация автоматического учета круглых лесоматериалов, подлежащих вывозке с лесосеки и способ формирования сопроводительного документа,

защищенного программными и аппаратными средствами, раскрыты в работах и защищены патентами РФ [1, 4, 5-7 и др.].

Сущность разработки поясняется чертежом (рис.3), где приведена схема узла идентификации клейменных круглых лесоматериалов, состоящая из технологического оборудования для ведения погрузочно-разгрузочных работ, включающего: манипулятор 1, захват 2, устройство автоматической идентификации 3, динамометра 4 и АРМ 5 оператора [1, 4]. Установка динамометра 4 обеспечивает дополнительную проверку корректности автоматической идентификации и учета погрузки круглых лесоматериалов на подвижной состав.



где 1- манипулятор; 2 – захват; 3 – считыватель РЧИ; 4 – динамометр;
5 – АРМ оператора погрузчика

Рис. 3. Схема средств учета сортиментов, подлежащих вывозке с лесосеки

Далее вся имеющаяся информация в АРМе 5 оператора о погрузенной на подвижной состав продукции (сортиментах) автоматически заносится в сопроводительный документ на транспортировку древесины с элементами защиты информации, включающими: двухмерный штрих код (QR-код) и идентификатор. Совокупность данных о перемещаемой древесине и средствах защиты информации подлежит передаче для учета в соответствующую базу данных. Клейменная продукция в случае необходимости, может быть, подвергнута инспектированию техническими средствами [7]. Функционирование считывателя заклеянной древесины в целях контроля ее передвижений осуществляется известными способами, а идентификация группы уникальных кодов электронных идентификаторов (клейма) с помощью встроенных в считыватель известных программно-аппаратных средств, использующих процедуру антиколлизии принимаемых сигналов. В отличие от аналогов предлагаемая технология на базе программно-аппаратных средств защиты информации, обеспечивает сокращение простоев при проверке легальности происхождения и перемещений древесины [4 - 6]. Кроме того

операции учета и клеймения произведенной продукции выполняются автоматически при первичной обработке дерева за один технологический цикл.

Список литературы

1. Казаков, Н.В. Информационная система автоматизации учета и мониторинга древесины / Н.В. Казаков, Р.Н. Кривошеева // Вестник ТОГУ № 2 (49). Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. – С. 53-58.
2. Кривошеева, Р.Н. Способ учета и контроля перемещений древесины // Научные исследования и разработки молодых ученых. Сб. матер. XV междунар. науч.-практ. конф. г. Новосибирск: 2016. №15. – С. 54-58.
3. Казаков, Н.В. Обоснование параметров системы учета и мониторинга древесины / Н.В. Казаков, Р.Н. Кривошеева, М.А. Садетдинов // Высокие технологии, наука и образование: Актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. науч. пр. конф. В 2 ч. 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018. – С. 92-94.
4. Кривошеева, Р.Н. Мониторинг качества древесины в процессе заготовки / Р.Н. Кривошеева, М.А. Садетдинов // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона. Сб. матер. II междунар. науч.-практ. форума. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – С. 201–203.
5. Патент РФ № 153577 Агрегат для лесопользования / Казаков Н.В., Кривошеева Р.Н. Заявл. 04.03.15. Оpubл. 27.07.2015. Бюл. № 21.
6. Патент РФ № 169704 Установка для лесосечных работ / Казаков Н.В., Кривошеева Р.Н. Заявл. 25.05.2016. Оpubл.: 29.03.2017. Бюл. № 10.
7. Патент РФ № 2670120 Российская Федерация, А01G 23/00. Способ лесопользования / Казаков Н.В., Кривошеева Р.Н. ; заявл. 19.10.2016. опубл.: 18.10.2018. – Бюл. № 29.
8. Садетдинов, М.А. Метод реконструкции систем автоматического управления лесозаготовительных машин / М.А. Садетдинов, Р.Н. Кривошеева // Инженерный вестник Дона, 2017, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4279
9. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2018610140. Программный комплекс для информационного сопровождения организации подготовительных и основных лесосечных работ / М.А. Садетдинов, Р.Н. Кривошеева // - М.: Роспатент. 2018.
10. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2018615134. Программный комплекс учета и маркирования древесины / П.Б. Рябухин, Р.Н. Кривошеева // - М.: Роспатент. 2018.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ "МЕТАЛЛОРЕЗИНЫ" НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

В.И. Кайль, К.А. Железнова, Е.А. Новикова

ФГАОУ ВО "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева"

Аннотация. в статье представлена методика изготовления экспериментальных образцов, приведены результаты исследования по улавливанию высоколетучих соединений из воздуха, представлена оценка сорбционных свойств экспериментальных образцов.

Ключевые слова: сорбционные материалы, металлорезина, оксид алюминия, сорбционное концентрирование, сорбция, десорбция, газовая хроматография.

STUDYING THE SORPTION PROPERTIES OF METAL-RUBBER BASED ON ALUMINUM OXIDE

V.I. Kail, K.A. Zheleznova, E.A. Novikova

Samara National Research University

Abstract. The article presents the method of manufacturing experimental samples, the results of a study on the trapping of the volatile organic compound from the air and the assessment of the sorption properties of experimental samples.

Keywords: sorption materials, metal-rubber, aluminium oxide, sorption preconcentration, sorption, desorption, gas chromatography.

Сорбционное концентрирование – дешевый метод очистки, обеспечивающий высокую избирательность разделения, высокие значения коэффициентов концентрирования.

Оксид алюминия обладает рядом особенностей, которые обеспечивают его широкое применение в различных областях, таких как адсорбционная осушка газов, адсорбционная очистка масел, применение в статических адсорбционных системах и десорбционная очистка газовых и жидкостных потоков от соединений, содержащих фтор-ионы. При концентрировании и разделении летучих компонентов оксид алюминия используется как сорбент. Тем не менее, существенным недостатком при пропускании больших объемов газовых смесей в процессе концентрирования примесей является применение мелкодисперсных сорбционных материалов, приводящее к увеличению газодинамического сопротивления.

В качестве экспериментального образца в нижепредставленной работе использовался блочный материал с варьируемой порозностью, разработанный учеными Самарского университета и производимый в университетских лабораториях. «Металлорезина» – материал из определенным образом уложенной, дозированной по весу спиралевидной проволоки, полученной методом холодного волочения. Формирование блоков подобным образом обеспечивает высокую порозность материала. За счет большой удельной поверхности он способен улавливать легколетучие соединения.

Целью работы являлось изучение процессов концентрирования гексана из газового потока, термодесорбции и последующая оценка сорбционных свойств экспериментального образца.

Для получения экспериментального образца сорбционного материала с варьируемой порозностью на основе оксида алюминия бралась проволока нужной массы, протягивалась через матрицу до достижения необходимого диаметра. Далее проволока наматывалась на стержень, приобретая вид спиралевидных заготовок, которые в дальнейшем были подвергнуты растяжению и прессованию до требуемых размеров. Параметры экспериментального образца представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры экспериментального образца

Масса проволоки $m_{пр}$, г	2
Диаметр проволоки d , мм	0,35
Диаметр экспериментального образца D , мм	8
Порозность $П$	0,4
Высота экспериментального образца h , мм	25
Площадь поверхности экспериментального образца S , мм ²	8616

Процесс очистки образца и формирования адсорбционного слоя на поверхности экспериментального образца заключался в следующем [1].

Для обезжиривания, которое проводилось в течение 2 минут при температуре 65°C, экспериментальный образец помещали в раствор, содержащий 50 г/л Na₂CO₃, 50 г/л Na₃PO₄ и 0,5 г/л моющего средства «Прогресс».

Травление исследуемого объекта осуществлялось в течение 1 минуты при комнатной температуре путем погружения экспериментального образца в 5%-й раствор NaOH. Далее образец промывался дистиллированной водой в ультразвуковой бане.

Максимальная температура оксидирования алюминия не должна превышать 620-640°C. Однако скорость окисления алюминия при данных температурах невелика, поэтому более технологичным и легко осуществимым оказался процесс химического оксидирования. Для этого в течение 30-35 минут при температуре 90-95°C экспериментальный образец находился в растворе, содержащем 50 г/л Na₂CO₃ и 15 г/л Na₂CrO₄.

Исследование морфологии полученных образцов проводилось методом сканирующей электронной микроскопии. Фотографии поверхности образца, полученные на растровом сканирующем электронном микроскопе с увеличением в 700 крат, представлены на рисунке 1.

Стоит отметить, что поверхность оксидированного образца более пористая, чем поверхность неоксидированного образца. Размеры пор образца, поверхность которого покрыта оксидным слоем, показаны на рисунке 2.

Концентрирование проводилось путем пропускания по 3 мл газовой смеси, содержащей микропримеси гексана, через экспериментальный образец

Характеристики экспериментального образца

Степень извлечения при концентрировании $R_{\text{конц}}$, %	Степень извлечения при десорбции $R_{\text{дес}}$, %
81,19	0,44

Из проведенного эксперимента следует, что при достаточно большой $R_{\text{конц}}$ небольшое значение имеет $R_{\text{дес}}$, что, скорее всего, связано с низким массообменом вследствие малого значения порозности исследуемого образца. Также причиной может выступать факт проведения десорбции в статических условиях. При нагревании происходят обратимые процессы адсорбции и десорбции, но из-за протекания процесса в динамических условиях, переход гексана с поверхности экспериментального образца в газовую фазу может быть затруднен.

Полученные данные свидетельствуют о возможности использования экспериментального образца в качестве сорбента для улавливания высоколетучих соединений из воздуха, однако для практического применения необходимы дальнейшие исследования.

Список литературы

1.Тупикова, Е.Н. Платиновые металлы на металлических носителях – каталитические системы окислительных и гидрогенизационных процессов [Текст]: дис.... канд. хим. наук: защищена: 01.11.2003 / Тупикова Елена Николаевна. – Самара, 2003. –175 с.

УДК 621.793

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. Капустин

Брянский Государственный Технический Университет (Брянск, Россия)

Аннотация. Рассмотрены основные неисправности и отказы деталей и узлов гидравлических систем, лимитирующих её работоспособность. Предложена упрочняющая обработка методом вибрационного накатывания для решения задач повышения надёжности и оптимизации триботехнических параметров и других показателей качества функциональных поверхностей изнашиваемых деталей.

Ключевые слова: *износостойкость, герметичность, шероховатость, абразив, гидравлические системы, вибрационное накатывание, надёжность.*

TECHNOLOGICAL WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY AND OPTIMIZATION OF TRIBOTECHNICAL PARAMETERS OF HYDRAULIC SYSTEMS

V.V. Kapustin

Bryansk State Technical University (Bryansk, Russia)

Abstract. The main malfunctions and failures of parts and components of hydraulic systems limiting its performance are considered. Proposed hardening treatment by the method of vibration rolling to solve problems of improving the reliability and optimization of tribological parameters and other indicators of the quality of functional surfaces of wearing parts.

Keywords: wear resistance, tightness, roughness, abrasive, hydraulic systems, vibration rolling, reliability.

В настоящее время работоспособность и долговечность строительной, дорожной, лесозаготовительной и сельскохозяйственной техники в значительной степени зависит от надежной работы гидросистем, обеспечивающих функционирование исполнительных органов различного технологического оборудования.

Конструктивно гидросистема включает в себя: насос, который создает поток рабочей жидкости, и исполнительные органы (гидромотор, гидроцилиндр и т.д.), преобразующие энергию гидравлического потока в механическую работу.

Опыт эксплуатации указанной техники показывает, что надежность составляющих элементов гидропривода не в полной мере удовлетворяет требованиям их эффективной работы. При этом 30% отказов гидросистем вызвана, главным образом, износом трибоузлов широко используемых аксиально-поршневых насосов и моторов, в которых давление масла обеспечивается возвратно-поступательным движением поршней в блоке цилиндров, что существенно влияет на работоспособность гидросистем и, как следствие на функциональные возможности рассматриваемых машин.[5]

По мере износа сопряженных поверхностей деталей и узлов аксиально-поршневых агрегатов падает КПД, что приводит к снижению давления, частоты вращения вала, крутящего момента, увеличению пульсации давления в напорной линии, внутренних перетечек рабочей жидкости и т.д.

По данным [10], наибольшее влияние на надёжную работоспособность насоса или мотора оказывают пары трения поршень- втулка блока цилиндров и блок цилиндров- распределитель.

При этом практически на всех деталях аксиально-поршневых агрегатов, нормально отработавших гарантийный ресурс, при исследованиях технического состояния выявляются различные повреждения рабочих поверхностей, проявляющихся чаще всего в виде прижогов, царапин, рисок и т.д.

Так в паре трения поршень- втулка блока цилиндров на сопряжённых поверхностях наблюдаются прижоги, приводящие к повышенному износу в месте прижога и образованию надира. Причиной проявления такого износа заключается в нарушении режима трения, и как следствие разрушение масляной плёнки, приводящее к локальному нагреву трущихся сопряжённых поверхностей и их схватыванию. [1,2]

Повышенная нагрузка, превышающие допустимые значения, и резкая остановка вала насоса приводит к увеличению диаметра поршня (раздутие юбки поршня), в результате чего происходит заклинивание поршня в блоке

цилиндров, и, следовательно, разрушение узла, а в некоторых случаях и корпуса насоса.

Такой механизм изнашивания наблюдается и в паре блок цилиндров-распределитель. При этом в результате образования прижогов, и как следствие надиров, происходит нарушение герметичности сопрягаемых деталей. Это свидетельствует о наличии адгезионно-механического механизма изнашивания.

Кроме того, на рабочей поверхности поршня наблюдаются мелкие трещины, возникающие в результате накопления повреждений при деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя под влиянием циклических контактных нагрузок. Процесс контактной усталости заключается в разрушении микровыступов подвергаемого наклепу поверхностного слоя и проявляется в виде местных очагов разрушения-питтинга.[1]

Помимо указанных видов повреждений аксиально-поршневых агрегатов значительную долю составляют отказы, вызванные загрязненностью рабочей жидкости механическими примесями в процессе производства и монтажа привода, а также при заправке. При работе привода в жидкость непрерывно поступают продукты изнашивания сопрягаемых деталей. При хранении загрязняющие вещества выделяются в результате окислительных процессов между жидкостями и присадками, применяемыми для улучшения эксплуатационных свойств рабочей жидкости.

Причём загрязнение рабочей жидкости происходит как частицами, внесенными в зону трения извне, так и продуктами износа контактирующих деталей. При этом, учитывая наличие следов на поверхностях деталей, таких как, риски, царапины, задиры, следует предположить, что абразивное изнашивание осуществляется в основном частицами, жёстко или относительно свободно закреплёнными в зоне фрикционного контактирования. При этом частицы внедряясь в поверхность, при относительном перемещении деталей, производят абразивное воздействие, что способствует увеличению зазоров между деталями.[8]

Кроме того, с ростом нагрузки и увеличением зазоров повышаются удельные нагрузки на трущиеся поверхности деталей и увеличиваются внутренние утечки жидкости через зазоры, что снижает жёсткость системы и скорость движения исполнительных органов, при этом увеличивается количество проникающих в зазоры абразивных частиц, что, в свою очередь, ведет к возрастанию интенсивности изнашивания пар трения.[11]

Анализ состояние изношенных поверхностей деталей аксиально-поршневых насосов (моторов) позволяет предположить, что в процессе эксплуатации на работоспособность влияет 3 основных механизма изнашивания: адгезионно-механическое, усталостное и абразивное изнашивание.

Таким образом, все отказы гидравлических систем можно классифицировать по причинам возникновения на этапах их проектирования, изготовления и эксплуатации. В то же время, очевидно, что проблема

безотказности и долговечности гидравлических систем напрямую связана с вопросами трения и изнашивания.

В современном машиностроении большое внимание уделяется повышению надёжности деталей машин в различных условиях изнашивания. Существует и разрабатывается много конструктивных и технологических методов повышения износостойкости деталей и узлов. [6]

Повышение надёжности может быть достигнуто, как за счет оптимизации эксплуатационных условий работы гидросистем, так и параметров, определяющих сопротивление материалов изнашиванию, выбора конструкционного материала, обладающего высокими эксплуатационными характеристиками, и целесообразного назначения способов и режимов упрочняющего воздействия на поверхностные слои изнашиваемых деталей.

Поверхности, образующиеся на деталях различными способами обработки, вследствие неоднородной пластической деформации нерегулярны, хаотичны, что затрудняет, решение задачи оптимизации микрорельефа поверхности, минимизации ее площади. Таким образом, одной из важнейших проблем в области качества поверхности является изыскание методов обработки, обеспечивающих возможность образования на поверхности деталей регулярных, тонко управляемых, аналитически рассчитываемых микрорельефов. [3,4]

Наиболее совершенным и универсальным методом образования регулярных микрорельефов в настоящее время является метод вибрационного накатывания, основанный на тонком пластическом деформировании поверхностных слоев металла и сложном относительном перемещении обрабатываемой поверхности и деформирующего элемента.

За счет одновременного, независимого варьирования значений большого числа параметров режима вибрационного накатывания становится возможным образование регулярных микрорельефов различных видов.

При этом не только улучшаются эксплуатационные характеристики пар, но и снижаются требования к шероховатости поверхности, исключаются из технологического процесса трудоемкие и дорогостоящие операции (доводка, шабрение, хонингование, полирование, покрытия, термическая обработка). Следовательно, сокращается цикл изготовления деталей и снижается стоимость обработки, упрощается конструкция деталей (исключаются масляные канавки, упорные бурты в неподвижных соединениях, дополнительные крепления к прессовым соединениям и др.).[6]

Достоинства, эффективно и перспективность способа вибронакатывания подтверждены промышленной практикой и результатами исследования и применения в промышленности. Выбор схемы процесса вибронакатывания определяется, с одной стороны, необходимостью исключения недостатков свойственных финишной обработки резанием, ППД, а с другой стороны-выполнений требований к параметрам микрогеометрии при трении скольжении перечисленных выше. Кинематика процесса вибронакатывания и большое число регулируемых параметров его режима позволяют весьма тонко и в больших пределах варьировать значения большого числа параметров

создаваемого регулярного микрорельефа в зависимости от условий эксплуатации рабочих поверхностей деталей, в том числе, число выступов и впадин на единице площади, фактическая площадь поверхности и длина профиля, радиусы закругления выступов и впадин и т.д. Возможность независимого регулирования параметров режима вибронакатывания и отсутствие «жесткой» их связи с параметрами регулярного микрорельефа позволяют управлять формой и взаиморасположением его элементов, позволяющая создавать поверхности с одинаковой высотой неровностей, с различным их шагом и направлением.

Таким образом, управляя необходимыми параметрами поверхности, а, следовательно, и контакта поверхностей, таких как фактическая ее площадь и фактическая площадь контакта, и создавая высокочистые поверхности достаточной маслостойкости, можем исключать при этом явления молекулярного сцепления, адгезии, фреттинг-коррозии и т.д.

Возможность управления многими параметрами и характеристиками поверхностей с регулярным микрорельефом характеризуют способ вибронакатывания как инструмент для исследования и выявления взаимосвязей огромного многообразия эксплуатационных свойств поверхностей с их микрогеометрией — важнейшей научно-технической и народнохозяйственной задачей, от решения которой зависят совершенствование деталей и узлов, их качество, надежность и работоспособность. [9]

Процесс обработки характеризуется небольшими натягами и поэтому также сопровождается незначительными изменениями размеров. При обработке тонкостенных деталей точность их размеров можно повысить на 10...20 %, а отклонение формы при этом составит 10...30 мкм.

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности Ra 0,2...0,8 мкм практически достигаются при исходных значениях этих параметров 0,8...6,3 мкм. Степень уменьшения шероховатости поверхности зависит от материала, рабочего усилия или натяга, подачи, исходной шероховатости, конструкции инструмента и т.д. [3,6]

Механизм формирования остаточных напряжений происходит при взаимодействии деформационных и тепловых процессов. При этом каждый участок поверхностного слоя подвергается многократному деформированию, приводящему к упрочнению и повышению температуры. Наиболее упрочнённой оказывается верхняя часть пластически деформированного слоя, при этом повышается твёрдость, предел прочности и предел текучести поверхностного слоя материала детали.

Кроме того, после окончания приработки на виброобработанных поверхностях образуется система микролунок, которые располагаются в шахматном порядке и перемежаются с ровными площадками с малой шероховатостью. Совокупность микролунок формирует высокую маслостойкость поверхности. В результате значительно повышается ее износостойкость, уменьшается (или полностью устраняется) схватывание. Дополнительное осциллирующее движение инструмента способствует уменьшению микронеровностей обрабатываемой поверхности.

При вибронакатывании уровень остаточных напряжений сжатия в 1,3–1,7 раза больше, чем обычном накатывании с теми же режимами. Интенсификация пластической деформации и малые усилия обработки позволяют эффективно использовать вибронакатывание при обработке маложестких и неравножестких деталей. При обычном накатывании имеет место неоднородность твердости на выступах и впадинах исходной поверхности. При вибронакатывании эта неоднородность уменьшается на 40–60%. Вибронакатывание повышает сопротивление усталости деталей.

В результате процесса вибронакатывания силы трения в узлах уменьшаются на 20–25 %, а герметичность повышается на 10–18 %.[6]

Таким образом, при создании регулярных микрорельефов методом вибронакатывания оптимизация качества поверхности деталей возможна как за счет геометрических, так и физических параметров.

Кроме того, установлено положительное влияние предварительного упрочнения металла на износостойкость деталей гидравлических систем. Увеличение износостойкости, объясняется, в основном, повышением твердости поверхностного слоя металла. Однако, в силу одновременного влияния на износостойкость разнообразных факторов (структура, наклёп, шероховатость, волнистость, субшероховатость, напряжённое состояние поверхностного слоя и т.д.) связь между микротвёрдостью поверхности и его износостойкостью имеют чисто качественный характер.

При этом вибронакатывание позволяют в значительной мере улучшать такие показатели качества поверхностей, как: прирабатываемость, износостойкость, плавность хода, бесшумность, сопротивление ползучести, контактную жесткость, сопротивление усталости, коррозионную стойкость, герметичность, прочность неподвижных соединений и т.д.

Список литературы

1. Пенкин, Н.С. Основы трибологии и триботехники / Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин, В.М. Сербин – М.: Машиностроение, - 2008. – 206с.
2. Сильман, Г.И. Триботехническое материаловедение и триботехнология / Г.И. Сильман, О.А. Горленко. – М.: Машиностроение, - 2006. – 348с.
3. Демкин, М.Н. Зависимость эксплуатационных свойств фрикционного контакта от микрогеометрии контактирующих поверхностей / М.Н. Демкин, В.В. Измайлов // Трение и износ. – 2010. – Т. 31. – № 1. – С. 68-77.
4. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. – М.: Кнорус, – 2011. – 408с.
5. Пилюшина, Г.А. Особенности ремонта аксиально-поршневых насосов / Г.А. Пилюшина, В.В. Капустин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2017. – Т. 4. – № 1 (7). С. – 209-215.
6. Жарский, И.М. Технологические методы обеспечения надёжности деталей машин: учеб. пособие / И.М. Жарский [и др]. - Мн.: Выш. шк., - 2005. - 299с.

7. Миранович, А. В. Обработка заготовок деталей машин: учеб. пособие /А. В. Миранович [и др.]; под ред. Ж. А. Мрочека. – Мн: Выш. шк., - 2014. – 172 с.

8. Памфилов, Е.А. Возможности и перспективы повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса/Е.А. Памфилов, Г.А. Пилюшина// Известия высших учебных заведений. Лесной журнал.- 2013. -№ 5 (335). - С. 10-13.

9. Родионов Д.Н. Оптимизация параметров грузоподъёмных механизмов автомобильных гидроманипуляторов [Текст]/ Д.Н. Родионов, [и др.] // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - Воронеж. - Т. 3. - № 3, - 2016. - С.278-282.

10. Никитин О.Ф., Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов. // Никитин О.Ф. учеб.пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана,-2007. -312 с.

11. Мышкин, Н.К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии / Н.К. Мышкин, М.И. Петроковец. – М.: Физматлит,- 2007. – 368с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НОВИНКИ СКЛАДСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Е.С. Катун

*Научно-исследовательский институт
(военно-системных исследований МТО ВС РФ)*

Аннотация. В статье рассмотрены инновационные робототехнические системы хранения, внедрение которых в производственно-логистические комплексы позволит значительно повысить эффективность производства погрузочно-разгрузочных работ на складах и рационально размещать хранимые материальные средства.

Ключевые слова: *робот, робототехнический комплекс, склад, производственно-логистический центр, складская логистика.*

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS WAREHOUSE EQUIPMENT AND PROSPECTS OF THEIR APPLICATION IN PRODUCTION AND LOGISTICS COMPLEXES

E.S. Katun

*Research Institute
(military system researches MTO the armed forces)*

Abstract. The article deals with innovative robotic storage systems, the introduction of which in the production and logistics complexes will significantly improve the efficiency of the production of loading and unloading operations in warehouses and rationally place the stored material.

Keywords: *robot, robotic complex, warehouse, production and logistics center, warehouse logistics.*

Исходя из реализуемых в настоящее время мероприятий по дальнейшему строительству и развитию системы МТО ВС РФ в частности ее складской инфраструктуры, в качестве основного направления ее совершенствования принят логистический подход на основе создания и функционирования вместо существующих баз и складов ЦМТО современных производственно-логистических комплексов.

Данный подход базируется на использовании опыта крупных коммерческих отечественных и зарубежных торговых сетей (Ашан, Окей, Лента и другие), имеющих современные складские помещения, передовое технологическое оборудование и автоматизированные системы учета и контроля.

В соответствии с Концепцией современные производственно-логистические комплексы создаются в составе существующих ЦМТО военных округов. В интересах Министерства обороны Российской Федерации предусмотрено строительство 22-х таких комплексов[1].

Учитывая значимость ПЛК и их перспективы для материально-технического обеспечения войск, не стоит забывать и о внедрении в складскую инфраструктуру современных технологий складского оборудования.

Так, на протяжении уже 15 лет различными коллективами ученых и специалистов в различных отраслях науки ведутся исследования и разработки в области группового управления и применения роботов различного назначения, в том числе и специального. На основании этих исследований были разработаны как теоретические, так и практические основы управления группами автономных мобильных роботов, функционирующих в сложных, заранее неизвестных и динамически изменяемых средах. В основу предложенного подхода были положены оригинальные принципы децентрализованного управления группами роботов с помощью распределенных информационно-управляющих системам (далее по тексту-РИУС), реализующих (в зависимости от поставленной целевой задачи и условий ее выполнения) различные стратегии группового управления (коллективные, роевые, стайные).

Проведенные исследования послужили теоретической базой для решения ряда специальных задач. В частности, были разработаны методы и алгоритмы планирования групповых действий наземных робототехнических комплексов (далее по тексту-РТК) специального назначения, распределения целей в группах беспилотных летательных аппаратов (далее по тексту-БПЛА), формирования и поддержания в пространственных формаций (строев) любой заданной конфигурации группами БПЛА, управления массово-применяемыми роботами ударного назначения и др.

В то же время, накопленный опыт построения систем группового управления роботами специального назначения показал, что разработанные методы и алгоритмы могут быть также эффективно применены для управления группами роботов, используемых в гражданской сфере, например, в промышленной и сервисной робототехнике[2].

Разработанные методы и алгоритмы децентрализованного группового

управления роботами были, в частности, успешно применены при создании роботизированных складских комплексов (далее по тексту-РСК). РСК включает в свой состав множество стеллажей, обслуживаемых группой роботов-штабелеров (далее по тексту-РШ), функции которых заключаются в перемещении поступающие на склад грузов в ячейки стеллажей или извлечение из них предназначенных для выдачи потребителю грузов. Перемещение грузов от точек приема к РШ и от РШ к точкам выдачи осуществляется с помощью автоматических транспортных тележек, конвейеров и другого транспортирующего и грузораспределительного оборудования.

Управление технологическими процессами в роботизированных складских комплексах возлагается на РИУС, в состав которой входят: автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов на базе ПЭВМ; системы управления РШ, транспортирующим и грузораспределительным оборудованием; информационно-коммуникационная система, обеспечивающая обмен информацией между составными частями РИУС с целью координации действий отдельных роботов группы, а также другого транспортного оборудования.

В основу функционирования РИУС положены принципы коллективного взаимодействия роботов, что позволяет оптимизировать маршруты их перемещения, и как следствие, время перемещения грузов из точек приема в ячейки стеллажей и, наоборот, из ячеек стеллажей в точки выдачи в условиях «потока» заранее неизвестных заявок на прием и выдачу грузов, поступающих в произвольные моменты времени [3].

Если говорить о гражданском секторе экономики, то потребность в роботизированных складских комплексах у нас в стране оценивается приблизительно в 10-15 комплектов в год. В настоящее время российский рынок в сфере оборудования для роботизированных складов, представлен, в основном, предприятиями-интеграторами, продвигающими импортное оборудование производства Германии, Италии, Швеции и др, либо осуществляющими «отверточную» сборку из зарубежных комплектующих. В отличие от этого, РСК, создаваемые в нашей стране, являются полностью отечественным высокотехнологичным продуктом, и обладающим рядом конкурентными преимуществ по сравнению с зарубежными аналогами, в том числе:

- эффективное использование складского помещения за счет возможности адаптации технических решений под практически любые требования потребителя и различные варианты компоновки склада;
- минимизация времени выполнения (обслуживания) поступающих заявок за счет использования оригинальных методов коллективного управления роботами;
- возможность адаптации программного обеспечения для интегрирования с любой информационной системой (1С, SAPERP и др.), используемой потребителем;
- автоматизированный складской учет и документооборот, адаптированный к требованиям российского законодательства;

- высокая надежность и отказоустойчивость в следствии использования принципов децентрализованного группового управления;
- более низкая стоимость по сравнению с зарубежными аналогами.

Стоимость РСК определяется множеством параметров, таких как требуемая производительность, размеры склада, условия эксплуатации и пр.

Опыт показывает, что сроки окупаемости затрат на автоматизацию и роботизацию складского технологического процесса во многом зависят от интенсивности данного процесса, отрасли, в которой применяется автоматизированный склад, схемы организации склада и других параметров и составляют от 2-х (в пищевой промышленности и торговле) до 7-ти лет (в промышленном производстве).

Основной проблемой, стоящей на пути более широкого внедрения роботизированных складских комплексов является менталитет руководителей многих российских предприятий, привыкших все покупать за рубежом, несмотря на очевидные преимущества отечественных аналогов. Поэтому, с целью развития отечественного высокотехнологичного производства и решения проблемы импортозамещения в области роботизированных складских комплексов очень важным является принятие мер стимулирования покупки отечественных РСК российскими предприятиями, в первую очередь предприятиями с государственным участием ВПК, атомной и авиационной промышленности, Министерства обороны (служба тыла), машиностроительной и приборостроительной отраслей, пищевой промышленности и оптовой торговли и т.п.

Внедрение такого инновационного оборудования в строящиеся ПЛК позволит:

- оптимизировать процессы приёма, хранения и выдачи воинским частям получателям различных видов материальных средств;
- оптимизировать штатную численность военнослужащих и гражданского персонала, обслуживающего процессы приёма, хранения и выдачи воинским частям – получателям различных видов грузов;
- сократить транспортные расходы на перемещение материально-технических средств по номенклатуре продовольственной службы[4];

Также необходимо отметить, что в связи с проводимой в отношении нашего государства политики санкций, производство данного оборудования на территории нашей страны позволяет задействовать многие отечественные предприятия и, как следствие- обеспечить занятость населения.

Список литературы

1. Калюжный, А.Ф. Катун, Е.С. / Логистический подход к организации обеспечения войск (сил) продовольствием с учетом функционирования производственно-логистических комплексов / Тенденции развития материально-технического обеспечения военной организации государства в современных условиях/ Сборник статей III международной научно-практической конференции// 2017. С.269-273.

2. [https:// wikipedia. ru/](https://wikipedia.ru/) [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<http://www.wikipedia.ru> (Дата обращения: 25.10.2018).

3. Механизация погрузочно-разгрузочных работ// [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lokomotiv.ru> (Дата обращения: 25.10.2018).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА КОВШЕЙ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

И.А. Жолобов, Е.С. Клигунов

Тихоокеанский государственный университет

Аннотация. рассмотрена технология ремонта ковшей карьерных экскаваторов в условиях реального производства на примере ЭКГ-5А.

Ключевые слова *ковши экскаватора, ремонт ковша, установка тепляка, стенд кантователь.*

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF REPAIR BUCKETS FOR MINING EXCAVATORS

I.A. Djolobov, E.S. Kligunov

PacificNationalUniversity

Abstract. the technology of repair of buckets of mining excavators in the conditions of real production on the example of EKG-5A is considered.

Keywords *bucket excavator, repair bucket, installation of the greenhouse, stand tilter.*

В современной практике промышленного освоения каменноугольных месторождений преобладает открытый способ разработки карьерным способом.

На карьерах основная часть добычных и вскрышных работ выполняется с применением карьерных одноковшовых экскаваторов — мехлопат. В ближайшей перспективе эта тенденция сохранится несмотря на увеличение объемов, выполняемых по бестранспортной и поточной технологии [1].

Карьерные экскаваторы предназначены для выемки и погрузки полезных ископаемых и пород вскрыши. Экскаваторы применяются на карьерах угольной промышленности, черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов, а также на земляных работах крупных строительстве.

В настоящее время выпускается большое число различных моделей карьерных экскаваторов, которые отличаются в основном параметрами рабочего оборудования: вместимостью ковша, длиной стрелы и рукояти. При этом размеры стрелы и рукояти определяют параметры рабочего оборудования экскаватора.

Карьерные экскаваторы в зависимости от свойств разрабатываемых горных масс снабжаются ковшами различной вместимости. При этом за номинальную считают вместимость, принятую для работы на скальных породах. На полускальных породах и рыхлых вместимость ковша может быть увеличена на 25%, а на сильно абразивных - уменьшена на 25%.

В парке предприятия ООО «Эльгауголь», которое осваивает Эльгинское каменноугольное месторождение, расположенное в юго-восточной части

Якутии, находятся карьерные экскаваторы отечественного и импортного производства различных размерных групп.

Основные дефекты ковшей проявляющиеся при постоянной эксплуатации карьерных экскаваторов:

- износ элементов ковша;
- трещины по боковым стенкам и днищу;
- трещины в местах крепления адаптеров;
- износ футеровки ковшей.

Разработка каменноугольного месторождения производится круглый год. Ковши карьерных экскаваторов постоянно нуждаются в ремонте. Чаще всего ковши доставляют в ремонтную мастерскую предприятия для выполнения всего комплекса ремонтно-восстановительных работ.

Соблюдение технологии ремонта ковшей в зимний период года затруднено в виду очень низких температур окружающего воздуха, так как ремонт ковшей экскаваторов производится на специальном сварочном посту находящемся за пределами производственного корпуса. Для проведения ремонтных работ в зимнее время, для поддержания температуры металла ковша, все работы по завариванию трещин, замене адаптеров и футеровке ковша проводят на специальной площадке в тепляке. Существенным недостатком такого способа является невозможность производить ремонтные работы с разных сторон ковша без кантования. При этом кантование ковша подразумевает несколько операций, таких как - снятие тепляка, строповку ковша, кантование с помощью стрелового крана, расстроповку ковша и установку тепляка. За это время происходит неравномерное охлаждение металлоконструкции ковша, присутствуют динамические нагрузки на элементы ковша во время поворотов, а так же потери времени на восстановление температурного режима ремонтных работ.

Предлагаемое нами совершенствование технологии ремонта ковшей карьерных экскаваторов позволит устранить указанный недостаток. Для этого необходимо подготовленный к ремонту ковш экскаватора устанавливать на стенд кантователь, что позволит выполнять ремонтные работы с разных сторон ковша не прерываясь на снятие тепляка и кантование краном. Общая схема технологического процесса ремонта ковша в данном случае будет схожа со схемой ремонта кузова автомобиля [2] и состоять из операций, представленных на рис. 1.

Ковши, поступающие в ремонт, должны удовлетворять требованиям технических условий на сдачу и ремонт. В технических условиях предусмотрены допустимые повреждения ковша и определенная его комплектность. Некомплектные ковши или ковши, требующие ремонта объем, которого превышает максимально допустимый техническими условиями, как правило в ремонт не принимают.

Рассмотрим непосредственно процесс ремонта ковша экскаватора.

Для примера ковш экскаватора ЭКГ-5А [1] состоит из литых задней и передней стенок, свариваемых между собой, коромысла с уравнительным блоком, плиты днища с двумя петлями и системой рычагов выдергивания

засова. На задней стенке установлены два рычажных механизма торможения днища, а на передней стенке пять зубьев.

Передняя стенка, коромысло, плита и петли днища, зубья изготавливаются из высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л, а задняя стенка из стали марки 35Л.

В присоединительные отверстия проушин задней стенки запрессованы сменные стальные втулки, внутренние поверхности которых подвергнуты цементации и закалке на значительную твердость. Наличие втулок позволяет предохранять от износа отверстия в проушинах, восстановление которых весьма трудоемко.

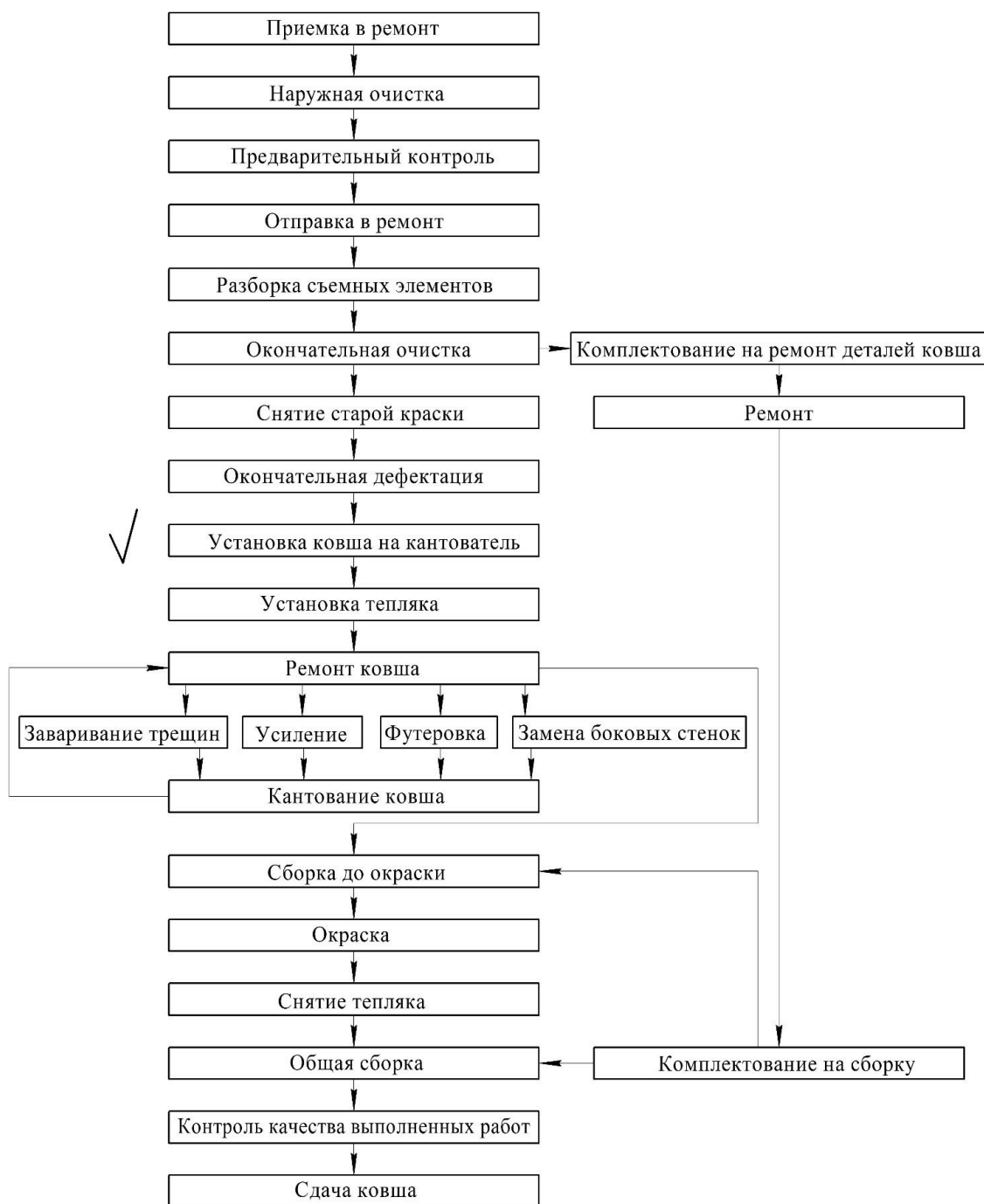


Рис. 1. Общая схема технологического процесса ремонта ковша

При необходимости замены старую втулку необходимо удалить желательным путем прорезки, например воздушно-дуговой стружкой двух-трех канавок по образующей, не задевая металла собственно проушины. После зачистки освобожденного отверстия запрессовывается новая втулка, желательным методом охлаждения ее в жидком азоте. Здесь и далее следует иметь в виду, что запрессовка деталей методом охлаждения (охватываемые детали) или нагрева (охватываемые детали) увеличивает несущую способность прессового соединения на 25—30% по сравнению с запрессовкой методом силового давления.

Режущая часть передней стенки и передняя часть зуба подвергаются крестообразной наплавке износостойким материалом типа Сормайт. При периодическом—не реже одного раза в месяц — восстановлении наплавки это позволяет увеличить долговечность деталей.

При ремонтных работах на ковше следует учитывать, что сварка деталей, изготовленных из стали марки 110Г13Л, должна производиться электродами аустенитного класса, например марки 03Л-6.

Регулировке в конструкции ковша подвергаются механизмы торможения днища и величина выхода засова.

По мере износа фрикционных колец уменьшается тормозной момент. Восстановление тормозного момента производится путем затяжки пружин до тех пор, пока не будет достигнуто затухание колебания днища на втором размахе, при этом сжатая длина обеих пружин не должна отличаться более, чем на 2 мм. Сжатие пружин до соприкосновения витков не допускается.

Длина засова по мере износа его передней кромки регулируется изменением количества шайб, чтобы засов заходил в отверстие пяты на глубину 30 ± 5 мм.

При замене зубьев ковша необходимо выбрать стальными прокладками зазор между зевом зуба и установочной плоскостью передней стенки.

Предлагаемое совершенствование технологии ремонта в условиях реального предприятия позволит:

- исключить потери времени на снятие и монтаж тепляка;
- сократить время кантования ковша;
- исключить потери времени на восстановление температурного режима процесса ремонта;
- исключить неравномерное охлаждение металлоконструкции ковша карьерного экскаватора.

Список литературы

1. Ефимов В.Н., Цветков В.Н., Садовников Е.М. Карьерные экскаваторы: Справочник рабочего.— М.: Недра, 1994.— 381 с.
2. Лапин В.С., Вольберг В.В. Ремонт и восстановление кузовов автомобилей: Учеб. пособие для СПТУ. — М.: Высш. шк., 1988.— 119 с.

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПЕРАЦИИ НАКАТКИ ДЛЯ ТОРСИОННЫХ ВАЛОВ

Д.А. Колесников. Научный руководитель – доцент С.С. Грядунов
Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматривается возможность применения операции накатки для торсионных валов транспортных машин, выполнен анализ достоинств и недостатков операции.

Ключевые слова: *накатка, торсионный вал.*

TO THE QUESTION ABOUT THE POSSIBILITY OF USING THE KNURLING OPERATION FOR TORSION SHAFT

D.A. Kolesnikov. Scientific Director - associate Professor S.S.Gryadunov
Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. The possibility of application of the knurling operation for the torsion shafts of transport machines is considered, the analysis of the advantages and disadvantages of the operation is performed.

Keywords: *knurling, torsion shaft.*

Одним из важнейших показателей, определяющих спрос на проектируемый объект, является его качество. Обеспечение необходимого качества возможно при удовлетворении эксплуатационных требований, предъявляемых к деталям машин. Работоспособность и надежность детали обеспечиваются за счет выполнения следующих основных требований: прочности, жесткости и стойкости к различным воздействиям (износу, вибрации, температуре и др.). Требования прочности к детали или контактной поверхности сводятся к ограничению возникающих под действием нагрузок деформаций, нарушающих работоспособность изделия, к потере общей устойчивости для длинных деталей, подвергающихся сжатию, и местной - у тонких элементов. Должна быть обеспечена износостойкость детали, которая существенно влияет на долговечность работы механизма. Достаточно, чтобы для каждой детали выполнялись не все перечисленные выше требования, а лишь те, которые связаны с ее эксплуатацией.

Накатка — это способ обработки поверхностного слоя металлических деталей, в процессе на детали формируется сетка, риски.

Упрочняющее накатывание — процесс механообработки, наиболее пригодный для повышения усталостной прочности деталей, испытывающих знакопеременные нагрузки. Этот процесс полностью снимает или сводит к минимуму напряжения в тех местах, где они возникают в первую очередь. К ним относятся галтели или буртики, напряжения в которых приводят к возникновению усталостных трещин. Процесс протекает аналогично процессу накатного полирования (пластически деформируется поверхностный слой), но с другой целью — увеличение долговечности. Упрочняющее накатывание обладает определенными преимуществами перед другими процессами упрочнения. Важным является то, что при накатывании параметры процесса

можно контролировать, а значит и воспроизвести. Соответственно, повышается надежность процесса в целом.

Накатывание деталей производится с помощью роликов для получения мелких зубчатых поверхностей. Процесс заключается в том, что к вращающейся обрабатываемой детали прижимаются стальные ролики, которым придают движение подачи. При накатывании роликами возникают значительные радиальные усилия и поверхностный слой обрабатываемой детали уплотняется. Накатывание производится после тщательной предварительной обработки, чтобы при накатывании избежать вмятия частиц металла с вершин микронеровностей в поверхность обрабатываемой детали и обеспечить точную форму поверхности после накатки.

Накатывание может быть прямое, угловое, перекрестное и полукруглое. Прямое и угловое накатывание производится одним накатным роликом, а перекрестное — двумя роликами с противоположным направлением накатки, закрепленными в одной державке. Недостатком является то, что детали должны иметь фаски достаточного размера, чтобы вытесненный при накатывании материал не образовывал на торце заусенцев.

Ролики для полукруглой накатки имеют полукруглую канавку радиусом R , на которой выполняется нарезка. Для того, чтобы материал детали при накатывании не вытеснялся на край закругления, этот радиус должен быть больше радиуса закругления r детали на $0,3—0,5$ шага накатки. Основным недостатком полукруглых накаток — сравнительно высокая сложность их изготовления.

Различают два вида накатки:

- формообразующую;
- упрочняющую.

Формообразующая используется для формирования зубьев на валах или колесах, шкал на деталях или сетчатой структуры на поверхности. Этот метод называется еще зубонакаткой. Насечку рисунка можно отнести к этой категории или отдельной. Небольшие, очень жесткие инструменты с рельефной поверхностью наносят узор на металлическую поверхность.

Упрочняющая используется для повышения износостойкости, прочности. В процессе обработки на поверхности детали формируется наклеп, улучшающий эксплуатационные качества изделия. Таким образом обрабатывают втулки, валы, шестеренки, торсионные валы.

Торсионный вал — пружина в виде вала, работающая на кручение. Торсионные валы относятся к упругим элементам независимой подвески целого ряда машин — от военных до сельскохозяйственных. Основным требованием, предъявляемым к данным деталям, является наличие высоких и стабильных механических свойств, что обеспечивается специальными операциями по повышению усталостной прочности.

Торсионный вал имеет простую форму, цилиндрическая часть является рабочей. На наружной поверхности головок выполняют шлицы треугольного профиля.



Рисунок 1- Торсионный вал

Рабочая часть — стержень торсионного вала — после обработки должна соответствовать 9-11-му квалитетам точности; разность диаметров на всей длине должна быть не более половины допуска. Шероховатость поверхности стержня и галтелей $Ra = 0,63$ мкм обеспечивается шлифованием после термической обработки и обкатыванием роликами. Радиальное биение стержня допускается 0,6-1,0 мм.

Шлицы на головках торсионного вала изготавливают фрезерованием и накатыванием. Взаимное угловое расположение шлицев на головках произвольное. После фрезерования впадины шлицев для упрочнения накатывают роликами в холодном состоянии.

Торсион выполняют в виде длинного вала, обладающего малой крутильной жесткостью, или в виде нескольких последовательно соединённых валов, расположенных параллельно

Для токарной накатки применяются следующие приспособления:

- разнообразные ролики;
- зубчатые накатники;
- универсальные накатники;
- стандартные шарики;
- накатывание резьбы и другие инструменты;

Накатной ролик и державка применяются для создания разных форм рифлений на деталях. Прямой узор делают однороликовым приспособлением. Сетчатую форму можно получить, используя двусторонний аппарат. Накатные токарные ролики делают из инструментальных марок стали.

Зубчатые накатники используют для нарезки цилиндрической шестерни.

Универсальные накатники используют для нарезки резьбы, насечки, рисунок и других операций на заготовках цилиндрической и конической формы.

Достоинства накатки:

- низкая шероховатость;
- высокая несущая способность поверхности;
- гладкие переходы между элементами профиля поверхности;
- отсутствие четко выраженных вершин;
- увеличение твердости;
- лучшие показатели скольжения;
- меньше износ;
- меньшая склонность к возникновению задиров.

Недостатки накатки:

- быстрый износ обрабатывающей оснастки;
- по сравнению с процессом шлифования металла менее точна;
- достаточно дорогие приспособления технологического процесса.

Таким образом, применение операции накатки для торсионных валов является важным и экономически оправданным процессом.

Список литературы

1. <http://stankiexpert.ru/stanki/tokarnye/tokarnaya-nakatka.html>
2. Кудрявцев, И.В. Повышение прочности элементов конструкций и деталей машин/И.В. Кудрявцев. М.: Машгиз, 1959. 212 с.
3. Бойцов, В.Б. Технологические методы повышения прочности и долговечности/ В.Б. Бойцов, А.О. Чернявский. М.: Машиностроение, 2005. 128 с.

ВИБРАЦИЯ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ FDM 3D-ПРИНТЕРОВ

В.А. Красичков, И.В. Костик, К.С. Суворова, И.В. Марширов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. В статье проведен анализ причин приводящих к возникновению вибрационных, акустических и резонансных явлений Рассмотрено влияние вибрации на дефекты возникающие при печати 3d-моделей и меры по их устранению.

Ключевые слова: 3D-принтер, вибрация, экструдер, Marlin, Repiter.

VIBRATION AS A PRINCIPAL INFLUENCE FACTOR ON THE FDM PRODUCTIVITY OF 3D PRINTERS

V.A. Krasichkov, I.V. Kostik, K.S. Suvorova, I.V. Marshirov

Altai State Technical University them. I.I. Polzunova

Abstract. The article analyzes the causes of the occurrence of vibration, acoustic and resonance phenomena. The effect of vibration on defects arising from printing 3d-models and measures to eliminate them are considered.

Keywords: 3D printer, vibration, extruder, Marlin, Repiter.

С момента появления устройств быстрого прототипирования реализующих принцип FDM (Fused Deposition Modeling – метод послойного наплавления) первые патенты на которые были выданы в 1989г. прошло уже практически 30лет, но они начали прочно входить в нашу жизнь, пожалуй, только в последние 5 лет. С момента окончания действия основных патентов на технологию FDM в 2009г последовал взрывной рост производства как промышленных 3D-принтеров, а цены на них за первые пять лет упали более чем в пять раз. Революцией же в бытовом сегменте 3D-печати мы в большей степени обязаны энтузиастам (Адриан Бауер, Вик Олливер). Первые документация на 3D-принтеры спроектированные и собранные энтузиастами были выложены на сайте Reprap.org в свободный доступ в 2010г. В связи с

декларированием технологии RepRap они были максимально упрощены, а потому страдали целым перечнем «детских болезней», так и не излеченных в ходе своего дальнейшего развития. Наглядно эволюцию подобных устройств ставших «классикой» можно представить на примере чешского конструктора Йозефа Прюши (рисунок 1). Как мы видим, сохранена приверженность первоначально выбранной и, надо признать не очень удачной кинематической схеме 3D-принтера с подвижным столом. Изменения в большей степени касались рамы и были вызваны желанием поднять скорость печати до хоть сколько-нибудь приемлемых значений. За последующие пять лет с 2010 по 2015г. сообществом энтузиастов были отработаны разные кинематические схемы, в том числе применяемые в робототехнике SCARA и ARM и, написано свободно распространяемое программное обеспечение, а китайская промышленность обрушила монополию американских и европейских производителей. Существенно расширился ассортимент применяемых для печати пластиков (филамент). Сегодня с сожалением можно констатировать, что самостоятельное изготовление 3D-принтеров опять становится делом энтузиастов, поскольку рынок перенасыщен доступными по цене устройствами (их качество совершенно другой вопрос). Но, здесь рядовому потребителю иметь некоторые представления о 3D-печати, чтобы не попасться на маркетинговые уловки производителей при выборе принтера при покупке и выборе режимов его работы при эксплуатации.

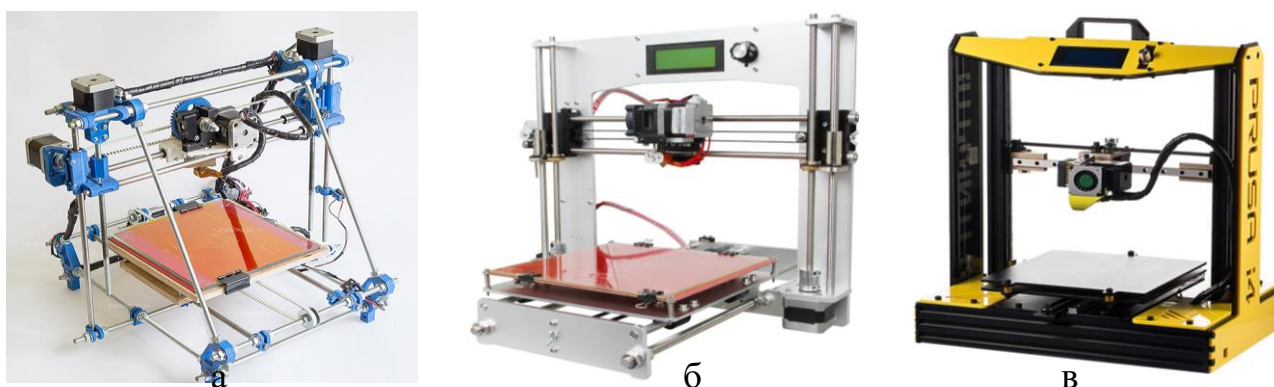


Рис. 1. Эволюция принтеров Йозефа Прюши 2010 – 2016г.
а) Prusa-Mendel, б) Prusa i3, в) Prusa i4

Надо отметить, что проектирование 3D-принтера является нетривиальной задачей. Несмотря на кажущуюся простоту конструкции разработчику необходимо разрешить ряд довольно противоречивых критериев начиная от выбора кинематической схемы и заканчивая электрической частью завязанной на использование микроконтролерной (материнской) платы с соответствующей обвязкой в виде драйверов шаговых двигателей, датчиков и т.п., а также прошивки для нее, которую в свою очередь тоже необходимо настроить и под «железо» и под электронику. В ряде случаев с целью повышения надежности и функциональности электроники необходима дополнительная доработка

используемых электронных плат. Кроме того, необходимо учитывать финансовые ограничения и доступную элементную базу.

Как правило, одними из главных и, зачастую, решающих факторов независимо от назначения 3D-принтера (бытовой или промышленный) является его производительность напрямую связанная со скоростью перемещения рабочего органа и точность изготовления модели связанной с точностью его позиционирования. Для повышения точности практически всегда используется дробление шага вращения вала шаговых двигателей установленных в подавляющем большинстве приводов 3D-принтеров. При этом попутно решается и присущая шаговым двигателям проблема резонанса. Однако дробление шага уменьшает скорость перемещения рабочего органа с одной стороны, а с другой, мы ограничены производительностью микроконтроллера материнской платы и возможностями прошивки. Так для микроконтроллеров ATmega328 (различные клоны ардуино с прошивкой GRBL) и ATmega2560 (прошивки Marlin v1.x, Repiter) частота выдачи управляющих импульсов на драйвера шаговых двигателей ограничена 10 кГц. Путем некоторых ухищрений, в прошивке Marlin разработчики «подняли» частоту до 40 кГц, но за это пришлось расплачиваться неравномерностью движения электрических приводов. Кроме того, вычислительные возможности плат построенных на вышеуказанных микроконтроллерах явно недостаточны для ряда кинематических схем 3D-принтеров (например, дельта-кинематика). Для решения данной проблемы можно использовать так называемый «разгон» (перепайка кварцевого резонатора, используемого для тактирования микроконтроллера на более высокочастотный) или использование нового, более современного 32-х битного поколения микроконтроллерных плат. Но, как показывает практика, от ряда дефектов печати не удастся избавиться и в этом случае, ведь кинематика и механика остаются «старыми».

Исходя из анализа конструктивных особенностей различных 3D-принтеров можно сделать вывод – главной причиной возникновения дефектов печати 3D-моделей на «высоких» скоростях являются массивные движущиеся части принтера, приводящие за счет инерции во время возвратно-поступательных движений механизмов к различным вибрационным, акустическим и резонансным явлениям. Очень многое зависит от применяемой кинематической схемы и конструкции рабочего органа (экструдера) 3D-принтера.

Конечно, существует класс машин вибрационного принципа действия, где вибрации выполняют полезную роль - различные виброуплотнители, вибротранспортеры и т.п., но даже в этом случае вибрации, как правило, оказывают неблагоприятное действие на физиологию человека, снижают его функциональную деятельность и работоспособность, поражают отдельные системы организма, приводя к профессиональным заболеваниям. В большинстве же случаев вибрацию следует оценивать как негативный фактор сдерживающий дальнейший прогресс в различных областях техники [2]. Сопутствуя работе любой машины, вибрации вызывают повышенные напряжения в конструкциях приводя к их поломкам и разрушениям, а в случае

3D-печати вибрации искажают траекторию движения рабочего органа привода к специфическим дефектам печати.

Из существующих более чем двух десятков дефектов 3D-печати следует выделить наиболее характерные для высоких скоростей печати [3]:

- смещение слоев (рисунок 2);
- волнообразная боковая поверхность (рисунок 3);
- «лесенка» (линии на боках напечатанной 3D-модели, рисунок 4).

Смещение слоев, как правило, возникает при очень больших скоростях печати или при перемещении значительных инерционных масс, обусловленных «неудачной» кинематикой 3D-принтера, например *XZ head; Y bed*, типичным представителем которой являются такие принтеры как Prusa i3 и его многочисленные китайские клоны Anet A6, Anycubic i3 и им подобные прозванные в народе «дрыгостол». Как правило, скорости выше 60 мм/с для данных принтеров доступны со значительными ограничениями. 3D-принтеры построенные на кинематике H-bot, CoreXY, Delta уверенно работают на вдвое больших скоростях, но у них определяющим фактором является масса печатающей головки и масса консоли, к которой она крепится. Также существенную роль может играть сила и равномерность натяжения ремней, параллельность направляющих, качество изготовления направляющих и т.д. Кроме того, данный дефект связан с удешевлением и упрощением конструкции электропривода выражающийся в отсутствии обратной связи в системе управления движением рабочего органа, что приводит к так называемому «пропуску шагов». В этом случае единственным способом борьбы со смещением слоев остается только снижение скорости печати.

Волнообразная боковая поверхность. Дефект возникает, как правило, в момент резкого изменения траектории экструдера, например, в районе острых углов модели. Исправляется данный дефект уменьшением рабочих скоростей и ускорений в настройках 3D-принтера. Если траектория движения экструдера плавная или скорость его перемещения низкая причину вибраций следует искать в неисправности механики 3D-принтера.

Дефект «лесенка» представляет собой циклически появляющуюся линию или бороздку на боковой поверхности модели и связан скорее с плохим качеством филамента или недостатками в работе PID-контроллера экструдера, но виновником также может быть вибрация.

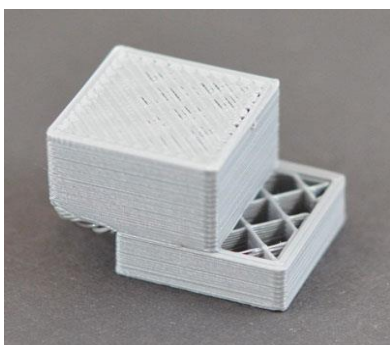


Рис. 2. Дефект формы
«Смещение слоев»

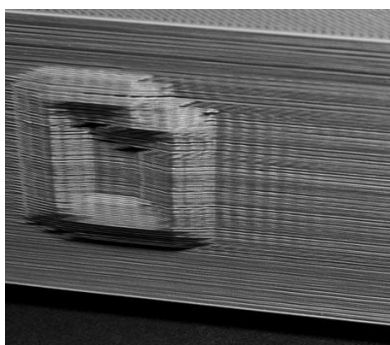


Рис. 3. Дефект формы
«волнообразная боковая поверхность»

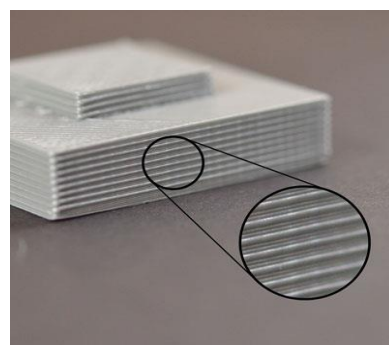


Рис. 4. Дефект формы
«Лесенка»

Поэтому сегодня 3D-печать сродни своеобразному искусству, где обратную связь осуществляет оператор, выбирая материал печати и режимы его использования, задавая в соответствии с ранее полученным опытом скорость печати (как правило, заниженную) и периодически контролируя процесс визуально. Последнее довольно непросто при печати больших моделей длящейся порой более суток.

Нельзя сказать, что разработчиков и пользователей 3D-принтеров устраивает данная ситуация, в литературе предлагаются различные варианты решения проблем 3D-печати. Так, например, американские физики Угандхар Делли (Ugandhar Delli) и Шин Чан (Shing Chang) из Университета штата Канзас предложили контролировать возникновение дефектов с помощью web-камеры (рисунок 5) [4]. Однако данный подход нам представляется спорным поскольку, он фиксирует факт возникновения дефекта, но никак не препятствует его возникновению. Кроме того, поскольку web-камера подводится сверху, дефекты на боковых поверхностях остаются не замеченными. Также следует отметить, что процесс проверки существенно снижает производительность, т.к. печать в это время прерывается.

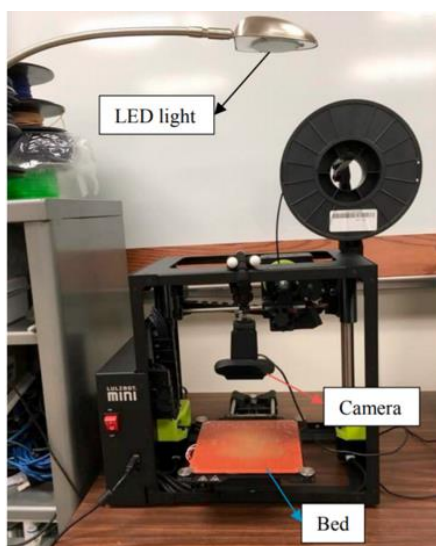


Рис. 5. Система автоматической оценки состояния печати для 3D-принтера

Более перспективным выглядит изменение алгоритма печати автоматической подстройкой скоростей и ускорений движения экструдера названный авторами алгоритм фильтрации б-сплайнов (FBS) [5] и сокращающий время печати с хорошим качеством на «пресловутом» Prusa i3 практически в 2 раза. К сожалению, представленная информация довольно скудна, прошивкой авторы не делятся, подтверждение из независимых источников отсутствует.

Учитывая выше изложенное сотрудниками и магистрантами кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» АлтГТУ принято решение разработать на современной элементной базе мобильный стенд для изучения процессов возникновения вибрационных, акустических и резонансных явлений.

Список литературы

1. <http://3dtoday.ru/> [электронный ресурс]
2. Щеголев Е.А. Механика: Учебное пособие. - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2004.-231 с.
3. <https://3dpt.ru/page/faq/> [электронный ресурс]
4. <https://nplus1.ru/news/2018/08/13/3d-printing-quality> [электронный ресурс]
5. <https://3dprint.com/193133/algorithm-speeds-3d-printing/> [электронный ресурс]

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО ПОСЛОЙНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЛОЯ

М.А. Кузнецов¹, М.А. Крампит¹, А.Г. Крампит², Н.В. Павлов³

¹*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета*

²*АО НПП “Исток им. Шокина”*

³*Юргинский техникум машиностроения и информационных технологий*

Аннотация. В данной работе рассмотрено влияние режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры наплавляемого слоя.

Ключевые слова: электродуговое послойное выращивание, наплавляемый слой, режимы.

INFLUENCE OF REGIMES OF ELECTRIC-ARCHOW POST-GROWING FOR GEOMETRIC LAYER PARAMETERS

M.A. Kuznetsov¹, M.A. Krampit¹, A.G. Krampit², N.V. Pavlov³

¹*Yurga Institute of Technology(Affiliate) Tomsk Polytechnic University*

²*JSC SPE«Istok nameShokin»*

³*Yurga technicalof mechanical engineering and information technologies*

Abstract. In this paper, the influence of the arc-wise layer-by-layer growing regimes on the geometric parameters of the deposited layer is considered.

Keywords: arc-by-layer layer-by-layer growth, deposited layer, regimes.

В современной промышленности все более актуальным становится изготовление металлических изделий сложной формы при помощи аддитивных технологий. Реализация процесса изготовления возможна за счет применения электродуговой наплавки. Наплавка концентрированным источником энергии при высокой производительности процесса, позволяет реализовать принцип аддитивного производства, а именно послойного электродугового выращивания объемных изделий.

При различных методах электродугового выращивания кристаллическое строение выращиваемого слоя, связанное с условиями перехода расплавленной ванны из жидкого состояния в твердое, а также режимы выращивания являются

одним из факторов, определяющим геометрические параметры, структуру и свойства этого участка наплавленного валика [1, 2].

Целью данного исследования является определение влияния режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры выращенного слоя.

При проведении экспериментальных исследований по влиянию режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры выращенного слоя была произведена MIG-наплавка в среде углекислого газа проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Для этого к разработанному 3-d принтеру в качестве источника питания и подающего механизма было подключено стандартное сварочное оборудование. Образцы выращивались на пяти различным режимах, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Режимы электродугового послойного выращивания

Параметр	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4	Режим 5
Сила тока, А	63	70	38	30	33
Напряжение, В	21	18	26	30	26
Скорость подачи проволоки, мм/с	38,5	30,3	26,5	20,2	23,5
Скорость сварки, мм/с	200	200	200	200	200

На каждом образце для определения геометрических параметров выращенного валика изготовлены поперечные шлифы. При изготовлении шлифов использовались механическая шлифовка, механическая полировка на алмазной пасте и химическое травление в растворе ($\text{HCl} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$). Поперечные шлифы выращенных валиков представлен на рисунке 1.

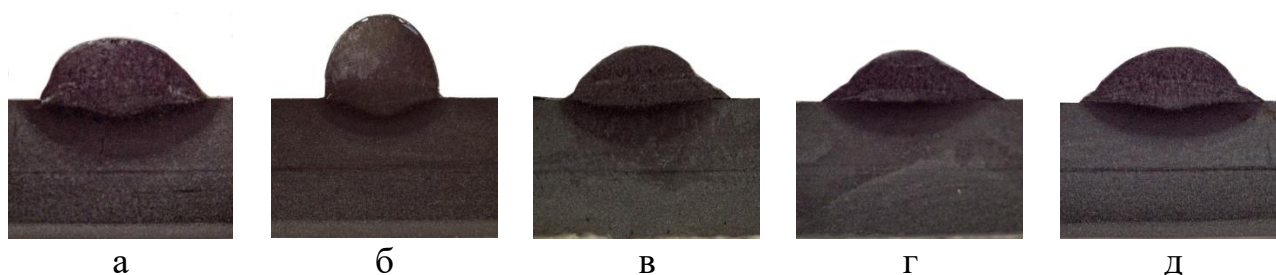


Рис. 1. Поперечные шлифы выращенных валиков:
а – режим 1; б – режим 2; в – режим 3; г – режим 4; д – режим 5

Влияние режимов электродугового послойного выращивания было проведено по следующим геометрическим параметрам:

- ширина выращенного валика e (мм)
- высота выращенного валика g (мм)

Схема расположения мест определения геометрических параметров выращенного валика представлена на рисунке 2.

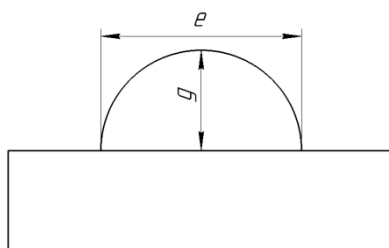


Рис. 2. Схема расположения мест определения геометрических параметров
выращенного валика

Обработка результатов производилась при помощи программного обеспечения Компас 3D.

Анализ исследования показал что, геометрические параметры выращенных валиков на различных режимах отличаются друг от друга. Усредненные значения геометрических параметров выращенных валиков представлены в таблице 2.

Таблица 2

Геометрические параметры выращенных валиков

Параметр	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4	Режим 5
Ширина шва (e), мм	4,5	3,5	4,3	4,3	3,7
Высота шва (g), мм	2,1	3	1,9	1,8	2

Для определения оптимальных режимов электродугового послойного выращивания определяли функцию (f) из выражения 1:

$$f = \frac{g}{e} \quad (1)$$

Для обеспечения качественного сварного соединения при сварке функция (f) должна стремиться к 1 при условии, что параметры e и g должны стремиться к минимуму.

Следовательно, оптимальные режимы электродугового выращивания будут такими при, которых функция (f) будет ≈ 1 (рис.3).

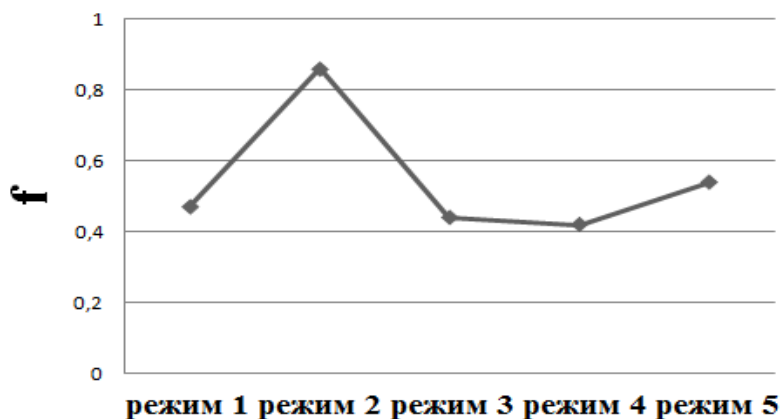


Рис. 3 Отношение g/e

На основе проведенного многофакторного эксперимента по влиянию режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры выращенного валика были получены оптимальные режимы выращивания, при которых значение безразмерной функции (f) составило 0,86.

Список литературы

1. Лившиц, Л.С. Металловедение для сварщиков (сварка сталей) / Л.С. Лившиц. М.: Машиностроение, 1979. 253 с.
2. Материаловедение / Арзамасов Б.Н., Мухин Г.Г. Макарова В.Н., Рыжов Н.М. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 648 с.
3. Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров, В.М. Неровный, Б.Ф. Якушин; Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 559 с.

ПОДДЕРЖАНИЕ ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ В ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ДИСКРЕТНЫМ ЗАДАНИЕМ ВРАЩЕНИЯ ГЛАВНОГО ПРИВОДА

А.В. Кузьмин, И.В. Антонец

Ульяновский институт гражданской авиации

Аннотация. Предложена система управления главным приводом токарных станков с дискретным заданием вращения, для поддержания постоянной скорости резания при изготовлении деталей с переменным диаметром обработки. Приведены результаты экспериментального исследования системы, подтверждающие её экономическую и технологическую эффективность.

Ключевые слова: *скорость резания, токарные станки, дискретный привод главного вращения*

MAINTAINING A CONSTANT CUTTING SPEED IN LATHES WITH A DISCRETE ASSIGNMENT OF ROTATION OF THE MAIN DRIVE

A.V. Kuzmin, I.V. Antonets

Ulyanovsk Institute of civil aviation

Abstract. The control system of the main drive of lathes with a discrete task of rotation, to maintain a constant cutting speed in the manufacture of parts with variable processing diameter. The results of the experimental study of the system, confirming its economic and technological efficiency.

Keywords: *cutting speed, lathes, discrete drive of the main rotation.*

Режим поддержания постоянной скорости резания (ППСР) осуществляется путём регулирования угловой скорости вращения шпинделя ω в зависимости от радиуса обработки R , так чтобы V оставалась равной заданному значению V_3 при сохранении значений оборотных подач по координатам станка.

$$V = \omega R = V_3. \quad (1)$$

При этом одновременно с изменением ω и синхронно с ней изменяются скорости подач по координатам станка в гиперболической зависимости от R . В режиме ППСР машинное время обработки t_c снижается по сравнению с временем обработки t_m без этого режима.

Относительное сокращение машинного времени λ_n для деталей с линейной поверхностью типа конус, торец определяется выражением

$$\lambda_n = \frac{t_m - t_c}{t_m} = \frac{B - 1}{2B} \quad (2)$$

где B - отношение максимального радиуса обработки детали к минимальному, до которого производилась обработка с постоянной скоростью резания.

Для деталей имеющих сферическую поверхность, относительное сокращение машинного времени λ_c равно

$$\lambda_c = \frac{t_m - t_c}{t_m} = \frac{B^2 - 1}{2B}, \quad (3)$$

На рис. 1. изображены зависимости λ_n , λ_c от B , из которых видно, что предельное значение λ_n , λ_c составляет 50%, т.е. машинное время обработки в режиме ППСР может быть снижено в два раза. Однако уже при $B > 4$ для сферических поверхностей и при $B > 8$ для линейных поверхностей целесообразность применения режима стабилизации скорости резания не вызывает сомнения.

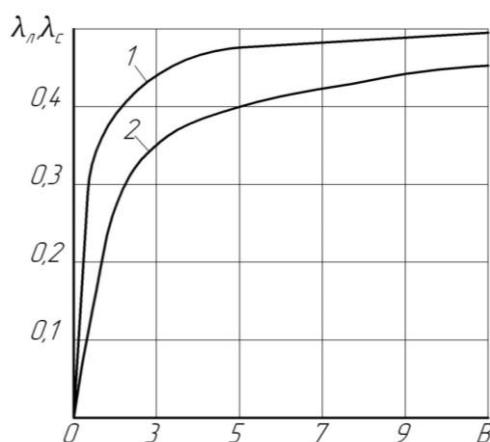


Рис. 1. Зависимости сокращения машинного времени обработки

λ_c - кривая 1 и λ_n - кривая 2 от отношения B максимального и минимального радиусов обработки.

Анализ технологических режимов токарной обработки показывает, что во многих случаях достаточна стабилизация скорости резания с погрешностью 10-20%. Поэтому режим ППСР может быть успешно реализован и в токарных станках с дискретным заданием вращения главного привода, содержащим автоматическую коробку скоростей с нерегулируемым асинхронным двигателем переменного тока.

В таких приводах частота вращения шпинделя n_i принимает ряд фиксированных значений, соответствующих ступеням m автоматической коробки. Значения частот вращения на различных ступенях коробки равно

$$n_i = n_0 \varphi^{m-1}, \quad (4)$$

где n_0 - частота вращения шпинделя на нижней ступени,

φ - знаменатель геометрического ряда.

В режиме ППСР скорость резания должна равняться заданному скорости резания V_3

$$V_3 = R \omega = 2\pi n_i R. \quad (5)$$

Решая это уравнение относительно m , с учетом n_i из предыдущего выражения получим

$$m = \log_{\varphi} V_3 - \log_{\varphi} R + A_k, \quad (6)$$

где A_k – конструктивная постоянная АКС.

$$A_k = 1 - \log_{\varphi} 2\pi n_0 \quad (7)$$

Поскольку m натуральное число, то из предпоследнего выражения следует, что ему соответствует фиксированные отрезки радиуса R_m – поддиапазоны радиуса обработки. При изменении V_3 значение m корректируется в соответствии с указанным выражением на натуральное число. Такой алгоритм работы системы в ряде случаев увеличивает дискретность настройки и стабилизации V , однако значительно упрощает процесс настройки на V_3 и в целом всю техническую реализацию алгоритма.

При работе системы ППСР переход в следующий поддиапазон радиуса R сопровождается переключением автоматической коробки на очередную скорость вращения шпинделя без прерывания на время переключения скорости поперечной подачи.

Анализ качества обработанной поверхности показывает, что в режиме обработки с постоянной скоростью резания качество обработанной поверхности улучшается, чему способствует не только уменьшение высоты неровностей профиля, но и их шага. Причём, по всей обработанной поверхности значение этих показателей качества не ухудшается, несмотря на некоторое их увеличение (не более 5 - 8%) за счёт участков, где происходит переключение автоматической коробки скоростей. Необходимо также отметить, что локальное ухудшение качества поверхности в моменты переключения АКС по мере уменьшения радиуса обработки становится всё менее заметным. Это объясняется тем, что на малых радиусах обработки эффект торможения шпинделя снижается вследствие уменьшения на нём момента торможения, обусловленного усилием резания, и возрастании кинетической энергии шпинделя вследствие увеличения частоты его вращения при сохранении массы заготовки и шпинделя.

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ОТХОДОВ ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О.А. Куницкая, Т.М. Пудова

Якутская государственная сельскохозяйственная академия

Аннотация. В статье рассмотрено оборудование для измельчения различного вида древесных отходов. Показано, что при выборе измельчителя, прежде всего, надо ориентироваться на его необходимую производительность (объем измельчаемого материала), вид и размеры измельчаемых отходов, целевое назначение получаемой дробленки (щепы), а также место образования подлежащих измельчению отходов. Для измельчения отходов окорки, особенно от роторных окорочных станков, лучше использовать специальное оборудование - мельницы для измельчения коры, которые позволяют в дальнейшем использовать ее в качестве топлива, изготовления мульчи и пр.

Ключевые слова: *древесные отходы, измельчение древесины, комплексное использование древесины.*

SHREDDING PRIMARY PRODUCTION OF FOREST INDUSTRY ENTERPRISES

O.A. Kunickaya, T.M. Pudova

Yakut state agricultural Academy

Abstract. the article deals with equipment for grinding various types of wood waste. It is shown that when choosing a shredder, first of all, it is necessary to focus on its required performance (the volume of the crushed material), the type and size of the shredded waste, the purpose of the resulting crusher (chips), as well as the place of formation of the waste to be shredded. To grind debarking waste, especially from rotary debarking machines, it is better to use special equipment of the mill for grinding bark, which allow further use as fuel, making mulch, etc.

Keywords: *wood waste, wood grinding, complex use of wood.*

На большинстве лесопромышленных предприятий, включая лесозаготовительные и деревообрабатывающие, постоянно или периодически возникает необходимость измельчения отходов основного производства в щепу или дробленку различной фракции.

К этим отходам могут относиться отходы без посторонних включений: обломки стволов, кроновая часть (сучья и ветви), целые деревья, от расчистки линейных объектов, отходы лесопиления, обрезки древесных плит, а также отходы с инородными включениями, например, поддоны, другие виды тары, могут быть и недревесные отходы, например, изношенные шины.

Для этого могут использоваться различные виды измельчителей: мульчеры, рубительные машины, шредеры, и т.д.

Строго говоря, измельчитель (англ. *chopper*) – это устройство для измельчения чего либо. Это слово имеет синонимы – дробилка (*crusher*), шредер (*schroeder*), мельница (*mill*), рубительная машина (*chipper*), щепорез (*deport*). Но, технически, они имеют определенные отличия в устройстве и эксплуатации, как уже упомянутые мульчеры и ротаторы [1].

Измельчители выбираются в зависимости от исходного сырья (объемы переработки, размеры отходов, включение в древесину инородных предметов)

и конечных целей использования полученной щепы (технологическая, топливная или для дальнейшего ее доизмельчения [2]).

Важнейшие качественные и количественные показатели производства щепы формируются преимущественно основным технологическим оборудованием, входящим в систему машин, прежде всего измельчительной техникой [3].

В зависимости от вида и размеров перерабатываемого древесного сырья, условий осуществления процесса и требований к качеству щепы рубительные машины имеют различные конструктивные исполнения. Которое характеризуется такими признаками, как: мобильность, тип рабочего органа, профиль его поверхности, вид и количество используемого режущего инструмента, способ и направление подачи древесного сырья на переработку, форма загрузочных устройств, способ отбора щепы, вид энергии, используемой для привода рабочего органа, и др.

По признаку мобильности рубительных машин делятся на стационарные и передвижные. Стационарные рубительные машины эксплуатируются на индивидуальных неподвижных основаниях (фундаментах). Рубительные машины, смонтированные на подвижных основаниях, принято называть передвижными установками. Передвижные рубительные установки могут быть автотракторными, плавучими, железнодорожными и т. д. Автотракторные рубительные установки в свою очередь разделяются на самоходные, прицепные, полупередвижные.

Самоходные рубительные установки komponуются путем размещения собственно рубительной машины и необходимого вспомогательного оборудования непосредственно на самоходных шасси (автомобиль, трактор и т.п.). Для обеспечения загрузки рубительной машины древесным сырьем на шасси устанавливаются механические или гидравлические манипуляторы, а также устройства для подачи древесины к механизму резания, включающие цепные и гусеничные конвейеры, вальцевые или иные механизмы обжима и принудительной подачи перерабатываемого материала. В ряде случаев на самоходном шасси размещаются также автономные энергетические установки для привода механизма резания и навесного технологического оборудования. Широко распространенным исполнением самоходной рубительной установки является вариант с использованием для привода механизмов собственного двигателя транспортного шасси [4].

Прицепными рубительные установки называются из-за способа адаптации их с базовой машиной. Сами рубительные машины в этом случае монтируются на одноосной колесной паре, в связи с чем имеют небольшие габариты и, как следствие, небольшую (до 1500-3000 кг) массу. В качестве базовых машин в данном случае используют преимущественно колесные и гусеничные тракторы общего назначения, сельскохозяйственного и лесного исполнения. Привод рубительной машины осуществляется от раздаточной коробки трактора через карданный вал. Такие машины удобны для использования в культивируемых лесах при рубках ухода за ними. Загрузка древесины в рубительные машины

такого типа может производиться вручную двумя-тремя рабочими или с помощью манипулятора [5].

Полупередвижными называются установки, технологическое оборудование которых монтируется на несамходных многоосных платформах. Технологическое оборудование включает в себя механизмы, по функциональному назначению аналогичные самоходным рубительным установкам.

Полупередвижные рубительные установки почти во всех случаях оснащаются автономной энергетической установкой, чаще всего дизель-генераторной. Для транспортных или технологических перемещений таких установок необходимо привлечение автотягача или трактора. Грузоподъемность специальных платформ под полупередвижные установки позволяет монтировать на них рубительные машины с рабочим органом большего диаметра, что при использовании энергетической установки высокой мощности обеспечивает переработку на щепу хлыстов или деревьев. Рубительные установки такого исполнения нашли широкое распространение в США, Канаде, в основном при сплошных рубках малоценных или плантационных насаждений для использования древесины на производство целлюлозы, волокнистых материалов, или в энергетических целях. В европейских странах используются преимущественно самоходные и прицепные установки на колесном ходу с механизированной подачей сырья на переработку. Учитывая, что важнейшие показатели процесса переработки древесины на технологическую щепу формируются механизмом резания рубительной машины, в качестве основного классификационного признака обычно принимается конструктивная схема механизма резания (режущего органа) машины [6].

По этому признаку рубительные машины можно разделить на три основных класса – дисковые, барабанные и конические.

В дисковых рубительных машинах механизм резания (режущий орган) выполнен в виде вращающегося диска с расположенными на его рабочей поверхности режущими элементами.

По типу рабочей поверхности диска рубительные машины бывают с плоским или профилированным (геликоидальным) диском.

Дисковые рубительные машины делятся на малоножевые и многоножевые, а так же многолезцовые. Отличие их состоит не только в количестве режущих ножей, установленных на диске, но и в качественных особенностях процесса резания древесины, происходящего в тех и других машинах. В малоножевых рубительных машинах процесс резания характеризуется цикличностью (прерывистостью). Многоножевые машины работают по принципу непрерывного резания, при котором очередной режущий нож входит в контакт с древесиной раньше, чем выходит из соприкосновения с древесиной предыдущий нож. Многолезцовые рубительные машины применяются в основном для рубки бревен большого диаметра 500 мм и более. Отличительной особенностью данного режущего аппарата является расположения множество небольших резцов на диске по спирали. За счет такого расположения режущего

инструмента рубительные машины такого типа могут рубить бревна большого диаметра при этом затрачивать в 5 раз меньше энергии, но и производительность будет соответственно в 5 раз меньше.

В дисковых рубительных машинах применяют два способа установки режущих ножей: периферийный и внутренний. При периферийной установке режущий нож располагают на лицевой (рабочей) поверхности диска в специальном посадочном месте и крепят сквозными болтами с потайными головками. В этом случае скошенная фаска является передней гранью реза.

При внутреннем способе крепления режущий нож устанавливается в радиальной сквозной щели диска, на рабочей поверхности диска выступает лишь режущая часть ножа. Скошенная фаска ножа при такой установке выполняет роль задней грани ножа.

Внутреннее крепление ножей чаще всего используют в многоножевых рубительных машинах, что позволяет разместить на диске необходимое число ножей. Преимущество такого способа в наибольшей безопасности крепления. Периферийный же способ позволяет поддерживать более стабильным угол заострения, так как заточка ножей производится по передней грани, имеющей наибольший износ.

Дисковые рубительные машины, кроме этого, делятся по направлению подачи перерабатываемой древесины на машины с горизонтальной (как правило, под углом к режущему диску для уменьшения усилия резания) и машины с наклонной подачей (в этом случае может быть два или один угол наклона оси подаваемого сырья относительно плоскости диска рубительной машины).

При горизонтальной подаче возможно нижнее (относительно оси вращения диска) и верхнее расположение загрузочного патрона.

В дисковых рубительных машинах возможна подача сырья горизонтально, без отклонения оси подачи от фронтальной плоскости диска, но в этом случае производится наклон вращающегося диска (как правило на $40-45^{\circ}$) и диск вращается не вертикально, а под наклоном.

В барабанных рубительных машинах режущим органом (механизмом резания) является вращающийся барабан, на образующей которого устанавливаются режущие элементы.

Так же как и в дисковых, в барабанных рубительных машинах применяют два способа крепления ножей: периферийный (тангенциальный) и внутренний, при которых роль заточной фаски ножа различна.

В практике используются два типа конструкций ножевых барабанов, отличающихся один от другого способом удаления из зоны резания полученной (срезанной) щепы - барабаны щелевого и пазушного типов.

Щелевые барабаны делаются полыми, образующаяся в процессе резания стружка (щепы) через подножевые щели поступает в полость барабана и затем удаляется вдоль оси вращения барабана через один из торцевых проемов.

В барабанах пазушного типа срезанная щепа собирается во впадинах (пазухах), расположенных в теле барабана перед каждым режущим ножом. В

этом случае ножевой барабан делается сплошным (массивным) и служит одновременно маховиком.

Класс конических рубительных машин является промежуточным между дисковыми и барабанными машинами. Отличительной особенностью конических рубительных машин являются то, что механизм резания (режущий орган) выполнен в виде вращающегося усеченного конуса (одного или двух). При малом угле конусности режущего органа конусная машина по своей конструктивной схеме приближается к барабанной рубительной машине, при большом - к дисковой. Режущие элементы располагаются на образующей поверхности конуса.

Совершенствование измельчительной техники, особенно специализированной, привело к созданию так называемых резцовых рубительных машин. Поэтому помимо приведенных классификационных признаков рубительные машины каждого из трех классов могут быть ножевыми или резцовыми. В ножевых рубительных машинах в качестве режущего инструмента применяются плоские ножи с односторонней заточкой. Длина режущей кромки ножей соответствует ширине рабочей поверхности ножевого диска (барабана, конуса), что предопределяет воздействие режущего ножа одновременно на всю ширину сечения перерабатываемого материала. Резцовые рубительные машины отличаются от ножевых тем, что на рабочей поверхности диска (барабана, конуса) установлены резцы, режущие кромки которых в несколько раз короче ширины рабочей поверхности. Эта особенность существенно изменяет процесс резания, происходящий в рубительных машинах такого типа. В данном случае по ширине сечения перерабатываемого материала последовательно срезаются полосы шириной, соответствующей длине режущей кромки резцов.

При выборе модели рубительной машины применительно к условиям производства необходимо учитывать их конструктивные и технологические особенности. В машинах с наклонным загрузочным патроном несколько улучшаются условия подачи сырья на ножевой диск за счет влияния массы перерабатываемой древесины. По сравнению с машинами, имеющими горизонтальный загрузочный патрон, рубительные машины с наклонной подачей сырья обеспечивают некоторое повышение выхода кондиционной фракции щепы, они менее чувствительны к затуплению режущих кромок ножей или резцов. Однако наклонное расположение загрузочного патрона усложняет размещение машины в цехе, так как для этого требуется более высокое помещение, перед патроном необходимо направляющее устройство (воронка), форма и конструкция которой влияет на работу машины [7].

При горизонтальном загрузочном патроне упрощается технологическая привязка машины. Машину с горизонтальной подачей можно установить как на первом, так и на втором этаже цеха. Загрузка отходов в патрон производится непосредственно с транспортера, подающего, например, рейки и горбыли от лесопильных станков. В машинах с горизонтальной подачей сырья несколько затруднена переработка короткомерных отходов. В этом случае необходимо обеспечить согласованную скорость загрузочного конвейера со скоростью

затягивания отходов режущими ножами диска. Поэтому машины с горизонтальной подачей целесообразнее использовать для переработки длинномерных отходов (1,5 м и более).

На ряде рубильных машин есть сито, которое регулирует выходную фракцию щепы [8].

Если получаемую щепу, по каким либо причинам, необходимо доизмельчать на еще более мелкую фракцию, то, обычно, используются молотковые мельницы, которые могут быть как для влажной, так и для сухой щепы. Дробление происходит маятниковыми молотками, вращающимися на скорости до 1500 или 3000 оборотов в минуту, в зависимости от габаритов ротора и требуемой производительности. Такие мельницы требуют подключения к системам аспирации. Возможно исполнение молотковых мельниц без принудительной аспирации, но в этом случае они работают без сита и невозможно гарантировать однородность получаемого продукта.

Линия для измельчения и доизмельчения отходов может состоять из двух отдельных агрегатов, одного или разных агрегатов. Но может быть выполнена единой, например, известен двухступенчатый измельчитель Twin Chipper, производства фирмы Rudnick & Enners Maschinen- und Anlagenbau GmbH, в конструкцию которого входит как барабанная рубильная машина, так и молотковая мельница. Измельчитель используется для производства мелкой дробленки из круглых брёвен, горбыля или кусковых отходов. Фракция измельченного материала хорошо подходит для последующей сушки, а в случае, например, дальнейшего брикетирования - не требует дополнительного измельчения.

В качестве отдельного вида измельчителей выделяют шредеры для древесины (иногда называемые роторными измельчителями). Они предназначены для работы с материалами, имеющими значительную толщину и обладающими высокими показателями сопротивления разрушению, например, для переработки древесных отходов, содержащих металлические включения, например, скобы, шурупы, гвозди, и т.д. На роторе наварены острые резакки, которые могут располагаться в форме лесенки или каскада, косога ножа или ласточкиного хвоста. Используются они для переработки шпал, обломков ящиков, мебели, кабельных барабанов, поддонов. Качество конечного продукта соответствует качеству исходного материала. Шредеры скорее не режут древесину а «жуют» древесину, чем мельче сито - тем дольше жуют, но будут пережевывать пока не измельчат до нужной фракции.

Компании-производители такого оборудования, например, марки «МОЛОМ», выпускают различные модели шредеров, как двухвальных с вертикальной, так и одновальных с горизонтальной загрузкой.

В одновальных шредерах измельчаемый материал при помощи подающего транспортера и системы зубчатых вальцов поступает в зону вращающегося ротора с закрепленными на нем молотками. Здесь происходит разрушение материала на мелкие части. Измельченное сырье, под действием силы тяжести падает на экран с ячейками определенного размера, задающими величину конечной фракции. Фрагменты, оказавшиеся крупнее ячеек, захватываются

роторными молотками и возвращаются в камеру измельчения на вторичный цикл переработки и т.д.

В двухвальных шредерах благодаря высоким показателям крутящего момента возможно измельчение материалов различной категории: от бумаги и картона, до крупногабаритных отходов, полимеров, пластика, резины, стекла, синтетики и биологического сырья. Такие шредеры более актуальны для переработки мягкого пластика, упругих материалов, резинотехнических изделий и покрышек.

Линии измельчения древесных отходов, помимо измельчителей, нуждаются в оборудовании для подачи отходов на измельчение, сепарации дробленки (щепы) и ее транспортировки.

К транспортному оборудованию линий измельчения относятся: трубчатые ленточные транспортеры (хорошо подходят для транспортировки сыпучих материалов на расстояние от 300 м); лотковые цепные транспортеры, ленточные транспортеры, шнековые транспортеры (также для сыпучих материалов); вибрационные транспортеры (для кусковых отходов: горбыли, рейки, обаполы); ленточные ковшовые элеваторы (для вертикального перемещения сыпучих материалов, например, при загрузке силосов).

Для сепарации и просеивания получаемой дробленки могут использоваться: сотрясательные сита (для точного просеивания; позволяют сепарировать материал на 5 фракций за один рабочий проход); барабанные сита (чаще всего устанавливаются непосредственно над бункером; обеспечивают возможность подачи и разделения сыпучих материалов на несколько фракций); вибрационные сита (подходят для встраивания в вибрационные лотки или подающие шнеки); дисковые грохоты (для отделения грубых фракций или фракций нестандартного размера в потоке подаваемого материала).

При выборе измельчителя, прежде всего, надо ориентироваться на его необходимую производительность (объем измельчаемого материала), вид и размеры измельчаемых отходов, целевое назначение получаемой дробленки (щепы), а также месте образования подлежащих измельчению отходов.

Например, при медленном образовании подлежащих измельчению отходов (отсутствии необходимости в постоянной работе измельчителя), образовании отходов на различных участках предприятий (верхние склады, лесные терминалы, и т.п.), можно использовать прицепную рубительную машину или навесной мульчер. Это позволяет использовать их время от времени, используя энергетическую установку в другое время по другому назначению, в качестве погрузчика, трелевщика, и т.п.

При постоянном образовании подлежащих измельчению древесных отходов (постоянной необходимости работы измельчителя) небольшого сечения и в небольших объемах лучше использовать небольшую стационарную рубительную машину с небольшим сечением загрузочного патрона. Она меньше стоит и потребляет значительно меньше энергии, по сравнению с большими машинами с большим сечением загрузочного патрона. В случае если время от времени будут образовываться отходы больших размеров, то их проще

колоть или распиливать на размеры, подходящие для небольшого сечения загрузочного патрона.

Если на предприятии подлежат измельчению отходы с металлическими включениями, кусковые отходы больших размеров, то лучше использовать шредер.

Для измельчения отходов окорки, особенно от роторных окорочных станков, лучше использовать специальное оборудование - мельницы для измельчения коры, которые позволяют в дальнейшем использовать ее в качестве топлива, изготовления мульчи и пр.

Список литературы

1. Григорьева О.И. Новая машина для очистки лесосек /О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 5-3 (10-3). С. 96-99.

2. Куницкая О.А. Поиск новых технических решений для повышения эффективности производства технологической щепы /О.А. Куницкая, Б.М. Локштанов, И.В. Григорьев, Д.Е. Куницкая, А.Е. Лукин // Интенсификация формирования и охраны интеллектуальной собственности: Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 75-летию ПетрГУ. Петрозаводск: ПетрГУ, 2015. С. 14-15.

3. Григорьев И.В. Способ автоматизации степени затупления ножей рубительных машин /И.В. Григорьев, Б.М. Локштанов, О.А. Куницкая, Д.Е. Куницкая // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2015. № 6 (219). С. 56-60.

4. Григорьев И.В. Технология и машины лесосечных работ: учебное пособие. /И.В. Григорьев, И.И. Тихонов, О.А. Куницкая - СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – 132 с

5. Пятакин, В.И. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ: учебник/В.И. Пятакин, И.В. Григорьев, А.К. Редькин и др. -СПб: СПбГЛТА, 2009.-362 с

6. Куницкая О.А. Переработка низкотоварной древесины на технологическую щепу /О.А. Куницкая Б.М. Локштанов, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции -Воронеж.: ВГЛТА, 2014. Том 2, с. 379 – 382.

7. Куницкая О.А. К вопросу рационального использования НКД / О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). С. 147-151.

8. Куницкая О.А. Способы облагораживания древесной щепы, получаемой из тонкомера / О.А. Куницкая // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы II международного научно-практического форума. 2017. С. 204-208.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРЕЗКИ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ НА БАЗЕ ТРАКТОРА

И.В. Кухар, С.Н. Мартыновская

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева*

Аннотация. Рассматриваются проблемы ухода за деревьями и кустарниками в городских зонах озеленения. Предлагается конструкция оборудования, предназначенного для обрезки деревьев и кустарников живой изгороди.

Ключевые слова: *кустореж, живая изгородь, садовые ножницы.*

EQUIPMENT FOR PRUNING THE TREES AND SHRUBS ON THE BASIS OF TRACTOR

I.V. Kukhar, S.N. Martynovskaia

Reshetnev Siberian State University of science and technology

Abstract. Discusses the challenges of caring for trees and shrubs in urban landscaping. It is proposed to design equipment intended for pruning the trees and shrubs.

Keywords: *brushcutter, hedge, garden shears.*

Уход за зелеными насаждениями – один из основных видов работ озеленителей и коммунальщиков в летнее-осенний период. Особенно остро в это время стоит вопрос борьбы с молодой порослью, обрезки крон и уходом за живыми изгородями. Деревья обрезают, чтобы снизить их высоту, омолодить или проредить крону, удалить больные и старые ветки (омолаживающая и санитарная обрезка). Декоративные посадки, служащие элементом ландшафтного дизайна, подстригают с целью придать им необычные формы (формовочная обрезка)[1].

Во многом эффективность выполнения работ зависит от того, каким оборудованием пользуется обслуживающая организация. Сегодня организации выполняют обрезку в основном бензомоторными пилами и ручными секаторами иногда с использованием автовышек. Обычно для этих целей используется ручной механический или моторный инструмент (рис. 1-3).

Понимая специфику и объем работ по уходу за обширными территориями, компании STIHL, Husqvarna и другие разработали ряд устройств, способных значительно облегчить достижение целей, поставленных перед коммунальными службами.

В качестве примера можно привести высоторезы, справляющиеся с толстыми сучьями с поверхности земли на высоте до 5 м, штанговые мотосекаторы используются для стрижки высоких изгородей и крон небольших деревьев без использования лестницы, садовые ножницы предназначенные для обработки кроны на высоте груди оператора. Садовые ножницы выполняют в основном фигурную стрижку [2-4].

Инструменты могут быть как механическими, так и моторными. Моторные модели бывают электрическими, бензиновыми и даже аккумуляторными. У

каждой разновидности есть свои преимущества. Так, для электрических нет нужды разводить топливную смесь, соблюдая пропорцию. А бензиновые агрегаты начисто лишены кабельного «хвоста» и не нуждаются в расположенных поблизости источниках электроэнергии. Аккумуляторным образцам не нужны ни бензин, ни кабель, зато время работы без подзарядки у них ограничено.

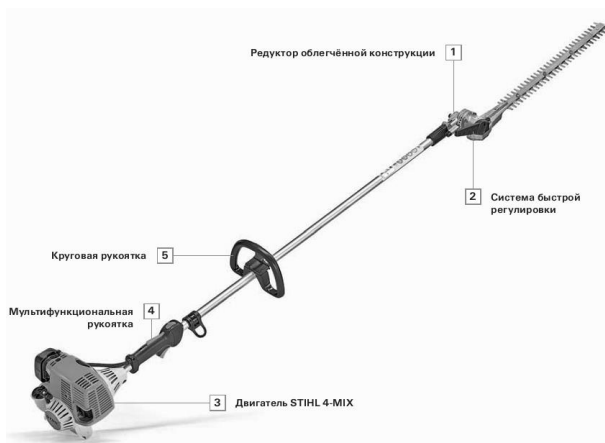


Рис. 1. Мотосекатор STIHL HL 95 с поворотной режущей гарнитурой 135°.



Рис. 2. Штанговые бензоножницы Husqvarna 325HE3x



Рис. 3. Применение садовых ножниц при обрезке живой изгороди

На сегодняшний момент существует необходимость увеличения механизации технологических процессов ввиду больших объемов садово-парковых работ в городских зонах озеленения. Ручные работы трудоемки и требуют большого количества времени, инструмента и рабочих (рис.4). Более эффективно использовать небольшие трактора, которые могут перемещаться вдоль ряда насаждений по дорожкам озеленительных зон.

Предлагается разработать технологическое оборудование для обрезки живой изгороди для небольших тракторов, для проведения работ, которые в

настоящее время выполняются вручную, при помощи моторизованных инструментов, что позволит повысить производительность.

Более эффективно использовать небольшие трактора, которые могут перемещаться вдоль ряда насаждений по дорожкам озеленительных зон [5].



Рис. 4. Обрезка живой изгороди: *а* – ручным кусторезом GARDENA ErgoCut 58, *б* – мотосекатором STIHL HL 95

Предлагается конструкция агрегата для стрижки живой изгороди на базе городского трактора МТЗ-592. Основной задачей данного агрегата (рис. 5) является облегчение работ в городских условиях и улучшение качества стрижки городских зеленых насаждений. Установка такого агрегата позволит сократить количество задействованных людей на данных работах. Так как при помощи данного агрегата оператором может быть водитель трактора и не выходя из кабины регулировать весь рабочий процесс.

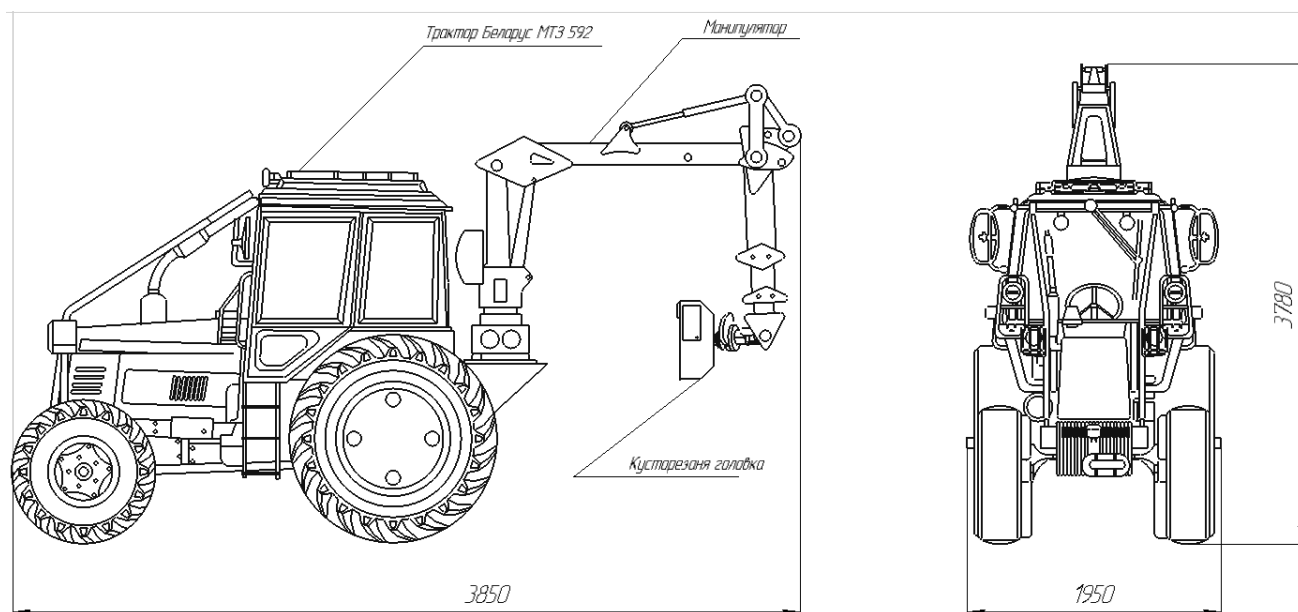


Рис. 5. Общий вид агрегата для стрижки живой изгороди

Если рассмотреть преимущества данного оборудования, мы увидим тот факт, что в труднодоступные дворы или парки небольшой трактор сможет заехать под любым углом и выполнить свою работу с любого расположения не повредив целостность окружающей среды, малые постройки, асфальтное покрытие.

Применение комбинированного манипулятора при движении трактора по дорожкам позволит производить обрезку с трех сторон. Возможно предусмотреть конструкцию оборудования на трактор меньших размеров.

Для повышения производительности и облегчения труда предлагается еще одна машина для обрезки кустарников на базе ВТЗ 30-СШ (рис. 6) [6].

Выбор данной базовой модели обусловлен сравнительно не большими габаритами, что важно в условиях парков и скверов.

Машина представляет собой шарнирно-сочлененный манипулятор, установленный в передней части трактора (грузовая платформа при этом демонтируется). Манипулятор состоит из колонны, стрелы и рукояти. Колонна портального типа, крепится к раме трактора на четырех точках, поворачивается относительно своей оси.

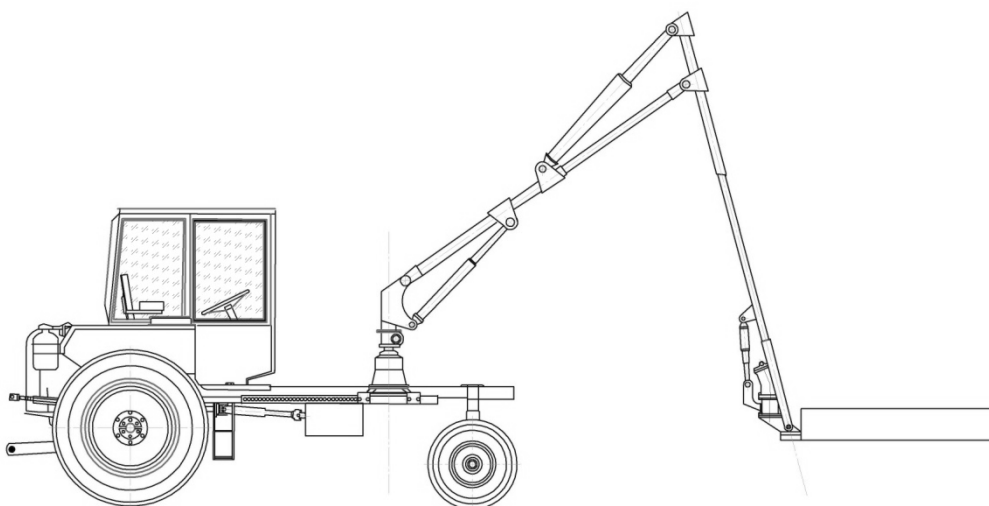


Рис. 6. Машина для обрезки кустарников на базе ВТЗ 30-СШ

Режущий аппарат сегментный, с приводом от аксиально-поршневого гидромотора 310.12. Этот гидромотор имеет номинальную мощность 9,28 кВт, что достаточно, при ширине захвата 1,2 м. Аксиально-поршневой гидронасос 310.12 устанавливается под рамой трактора и приводится в движение через карданный вал. Гидросистема трактора подлежит модернизации, а именно замене насоса НШ-103Л на насос большей мощности НШ-32УК-3. Также, дополнительно устанавливается односекционный гидрораспределитель, для управлением поворотным цилиндром манипулятора.

Поворотное на 90° режущее устройство может проводить как вертикальную (подстригается боковая поверхность кустарника) и горизонтальную обрезку (стрижка верхней поверхности).

Данная машина позволяет проводить формовочные обрезки живых изгородей по заданному контуру.

Список литературы

1. Кухар И.В. Машины и оборудование для природообустройства и защиты окружающей среды: Курс лекций. Часть 1. Общее устройство машин и оборудования для природообустройства и защиты окружающей среды. [Текст] / И.В. Кухар, А.И. Карнаухов, С.Н. Орловский. — Красноярск : СибГТУ, 2011. — 316 с

2. Епифанцев В.А., Кухар И.В. Современное моторизованное оборудование для обрезки веток и кроны деревьев и кустарников. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. 27-28.10.2013. Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск: СибГТУ. 2013. с.157-159.

3. Епифанцев В.А., Кухар И.В. Основные правила работы современного моторизованного оборудования для обрезки веток и кроны деревьев и кустарников. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. 27-28.10.2013. Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск: СибГТУ. 2013. с.160-162.

4. Янчиев К.В., Кухар И.В. Современное оборудование для обрезки веток деревьев и кустарников. // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Всерос. науч.-практ. конф. (с межд.участием). сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых. т.1. Красноярск: СибГТУ. 2014. с.167-171.

5. Мороз А.С., Кухар И. В. Оборудование для обрезки кустарников на базе трактора. // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Сб.материалов Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. г. Красноярск, изд. СибГАУ, 2017. с.108-110.

6. Болдырев Р.А., Кухар И. В. Оборудование для обрезки кустарников на базе трактора. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей Всерос. науч.-практ. конф. -Красноярск, СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2017. с.175-178.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ МЕТОДОМ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

В.А. Лазарев, Т.А. Титова

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Аннотация. В статье представлены статистические данные по объемам производства сыров и творога. Обозначена ценность вторичного сырьевого ресурса – молочной сыворотки. Приведены результаты исследований по общему и аминокислотному составу творожной сыворотки производства К(Ф)Х Аникьева А.В. Описана целесообразность концентрирования сыворотки методом ультрафильтрации. Представлены лабораторная установка для сравнения полимерных (УМП-50М) и керамических (КУФЭ (0,01)) мембранных элементов, а также промышленная установка для концентрирования творожной сыворотки. Приведены результаты исследований полученного концентрата по общему и аминокислотному составу.

Ключевые слова: *молочная сыворотка; творожная сыворотка; мембранные методы; ультрафильтрация; керамические мембраны.*

PERSPECTIVE METHOD FOR PROCESSING MILK SERUM BY ULTRAFILTRATION

V.A. Lazarev, T.A. Titova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State
Economic University"*

Abstract. The article presents statistical data on the production of cheese and cottage cheese. Marked the value of the secondary raw material resource - whey. The results of studies on the total and amino acid composition of cottage cheese whey produced by K (F) X are presented. Anikyeva AV Describes the feasibility of the concentration of serum by ultrafiltration. A laboratory installation for comparing polymer (UMP-50M) and ceramic (KUFЕ (0.01)) membrane elements, as well as an industrial installation for concentrating curd whey are presented. The results of studies of the obtained concentrate on the total and amino acid composition are given.

Keywords: *whey; curd whey; membrane methods; ultrafiltration; ceramic membranes.*

Развитие техники и внедрение инноваций является важной задачей России в соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. В то же время, перспективным направлением является создание безотходных циклов на производствах и переработка вторичных сырьевых ресурсов. К таким ресурсам относится молочная сыворотка – побочный продукт, образующейся в результате производства сыров и творога. По статистическим данным за 2017 год объем производства сыров и творога в России составил 1,32 млн. тонн, а объем образовавшейся молочной сыворотки составил 5,2 млн. тонн [1].

Молочная сыворотка является ценным вторичным сырьевым ресурсом и находит применения в разных областях пищевой промышленности: хлебобулочной, молочной, мясной. Она может использоваться как замена части сырья при замесе теста, производстве сливочного масла или различных молочных напитков и применяться как добавка в производственном цикле колбас. В лабораторных условиях ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» был определен общий состав творожной производства К(Ф)Х Аникьева А.В., г. Полевской, представленный в таблице 1, а также на аминоканализаторе ААА 339 Микротехна, н.п. ПРАГА 4 были проведены исследования по определению аминокислотного состава, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 1

Показатели свежей творожной сыворотки К(Ф)Х Аникьева А.В.
(средние значения)

Параметры	Сыворотка творожная
Белок общий, %	0,90±0,15
Лактоза, %	4,3±0,02
Жир, %	0,4±0,05
Минеральные вещества, %	0,7±0,05
Сухие вещества, %	6,5±0,42

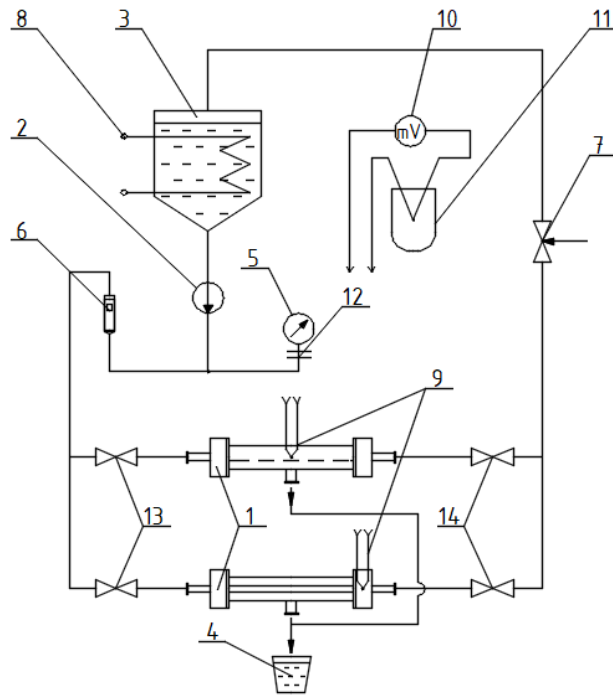
Таблица 2

Качественный и количественный аминокислотный состав свежей творожной сыворотки К(Ф)Х Аникьева А.В.

Аминокислота	Количество вещества (мг/л)	Массовая доля в общем кол-ве растворенных аминок-т, %	Молярная масса, кДа
лизин	23,02	25,16	146.2
глутаминовая	21,02	57,01	147.1
пролин	10,02	10,02	115.1
аспаргиновая	8,61	19,26	132.1
глицин	5,63	0,73	75.1
цистеиновая	4,55	6,91	
серин	4,25	7,12	105.1
аланин	4,2	3,86	89.1
валин	4,16	6,29	117.1
лейцин	3,43	4,43	131.2
таурин	3,14	9,13	
изолейцин	2,23	2,84	131.2
аргинин	2,13	7,78	174.2
гистидин	1,7	6,68	155.2
цитрулин	0,49	1,20	
фенилаланин	0,47	4,20	165.2
цистеин	0,41	0,12	121.2
тирозин	0,26	2,81	181.2
треонин	0,16	0,73	119.1
метионин	0,12	0,39	149.2
триптофан	–	–	204.2
ВСЕГО	100	176,67	

Как показали исследования, творожная сыворотка содержит как заменимые аминокислоты, так и незаменимые. Учитывая то, что в сыворотке общая масса аминокислот крайне мала, целесообразно проводить предварительное концентрирование исходного сырья. Существует несколько способов сгущения сыворотки, но на первом этапе переработки наиболее эффективен мембранный [2, 3], к положительным чертам которого относят: сохранение нативных свойств компонентов; увеличение степени переработки сырья; возможность экономии энергоресурсов, воды и расходных материалов.

Согласно общепринятой классификации оптимальным мембранным методом для концентрирования белка является ультрафильтрация (УФ). При УФ используют как полимерные, так и керамические мембраны. В лабораторных условиях ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» проводились исследования по сравнению мембранных элементов на установке, представленной на рисунке 1.



- 1 – мембранные ячейки (плоскокамерная и цилиндрическая); 2 – насос;
 3 – циркуляционный бак; 4 – бак для пермеата; 5 – манометр; 6 – ротаметр;
 7 – вентиль регулировочный; 8 – змеевик; 9 – термопара; 10 – милливольтметр;
 11 – сосуд Дьюара; 12 – разделитель; 13, 14 – вентили.

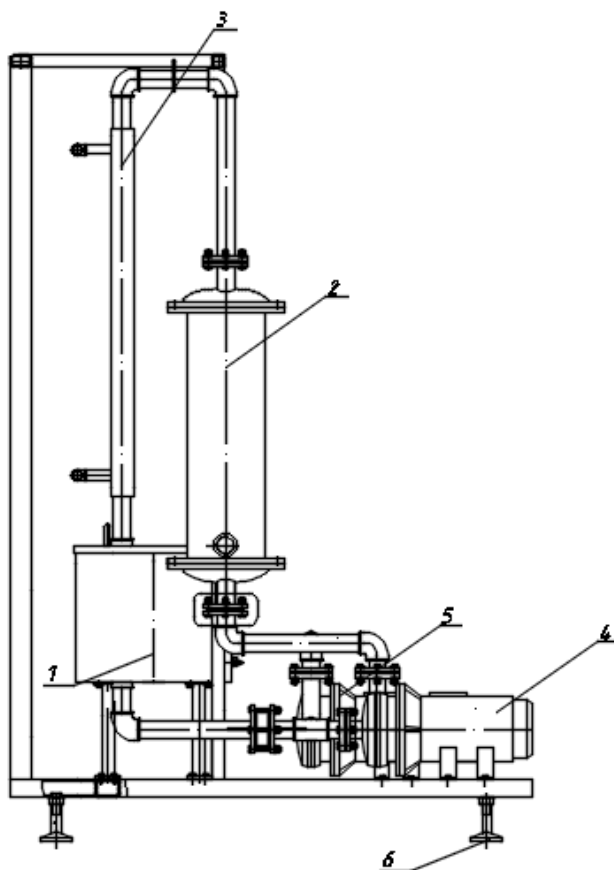
Рис. 1. Схема установки для исследования процесса УФ

Принцип действия установки основан на разделении исследуемой сыворотки в УФ ячейке на два потока – поток, прошедший через мембрану (пермеат), и поток, оставшийся над мембраной (концентрат). Для этого, в циркуляционный бак 3 заливается исследуемая сыворотка в объеме от 25 до 40 дм³. При открытом вентиле 7 включается насос 2, устанавливается определенный расход, контролируемый ротаметром 6, и, регулировкой вентилей 7 устанавливается необходимое давление в ячейке 1, которое контролируется манометром 5. Температурный режим процесса регулируется с помощью змеевика 8 и контролируется с помощью термопары 9 и милливольтметра 10. Прошедший через УФ мембрану пермеат отводится в мерный бак 4. В экспериментах использовались следующие типы мембран: листовые полисульфонамидные – УПМ-50М, производства ЗАО НТЦ «Владипор» г. Владимир, а также керамическая мембрана серии КУФЭ на основе диоксида титана (анатазной модификации), с нанесенным селективным слоем α оксида алюминия модификаций (0,01) производства ООО НПО «Керамикфильтр» г. Москва [4].

В ходе исследований было определено, что к недостаткам полимерных мембран относится их быстрая изнашиваемость, что обусловлено узкими межмембранными каналами рулонных элементов. Керамические мембраны,

наоборот, отличаются высокой проницаемостью, имеют длительный срок эксплуатации (3-5 лет) и обладают возможностью разделять сыворотку без предварительной подготовки (отделения твердой фазы и обезжиривания) [5, 6].

Была разработана и апробирована промышленная установка для переработки молочной сыворотки методом ультрафильтрации с применением керамических мембран КУФЭ (0,01) отечественного производства (НПО «Керамикфильтр», г. Москва) в условиях реального производства на предприятии К(Ф)Х Аникьева А.В., представленная на рисунке 2.



1 – танк балансный; 2 – УФ модуль; 3 – теплообменник; 4 – насос напорный ОНЦ 50/30К–7,5/23; 5 – насос питающий ОНЦ 0,5/10К–0,37/2; 6 – опора

Рис. 2. Чертеж установки по концентрированию творожной сыворотки методом УФ

Ультрафильтрационная установка представляет собой сборную конструкцию, состоящую из танка балансного 1; питающего насос 5; мембранного контура (КУФЭ (0,01)) 2; напорного насоса 4; трубчатого теплообменника 3.

Принцип действия ультрафильтрационной установки состоит в следующем: танк балансный 1 заполняется подготовленной исходной сывороткой. Затем производится концентрирование сыворотки путем отвода пермеата до достижения заданной степени концентрирования. На следующем этапе производится отвод концентрата из установки, с одновременной подачей

в установку подготовленной исходной сыворотки. После окончания цикла работы установка подвергается СІР мойке. Также были определены параметры процесса концентрирования творожной сыворотки методом ультрафильтрации: $u \geq 1,5$ м/с; $P = 0,3$ МПа; $t = 20 \pm 5^\circ\text{C}$ [4].

Полученный концентрат белка исследовался на общий и аминокислотный состав в лабораторных условиях ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», результаты представлены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3

Показатели творожной сыворотки после ультрафильтрации
(средние значения)

Параметры	Сыворотка творожная	
	концентрат	пермеат
Белок общий, %	8,5±0,15	0,01±0,15
Лактоза, %	4,27±0,02	4,25±0,02
Жир, %	3,30±0,05	0,00
Минеральные вещества, %	0,70±0,05	0,65±0,05
Сухие вещества, %	16,72±0,42	4,91±0,37

Таблица 4

Качественный и количественный аминокислотный состав творожной сыворотки К(Ф)Х Аникьева А.В после концентрирования УФ

Аминокислота	Количество вещества (мг/л)	Массовая доля в общем кол-ве растворенных аминок-т, %	Молярная масса, кДа
лизин	71,59	23,02	146.2
глутаминовая	65,34	21,02	147.1
пролин	24,54	10,02	115.1
аспаргиновая	24,19	8,61	132.1
цистеиновая	11,73	4,55	
валин	10,37	4,16	117.1
лейцин	9,57	3,43	131.2
серин	9,51	4,25	105.1
глицин	8,99	5,63	75.1
таурин	8,37	3,14	
аланин	7,95	4,2	89.1
аргинин	7,90	2,13	174.2
изолейцин	6,23	2,23	131.2
гистидин	5,59	1,7	155.2
цистеин	2,11	0,41	121.2
цитрулин	1,81	0,49	
фенилаланин	1,66	0,47	165.2
тирозин	0,99	0,26	181.2
треонин	0,40	0,16	119.1
метионин	0,36	0,12	149.2
триптофан	–	–	204.2
ВСЕГО	279,2	100	

По результатам исследований проведения процесса ультрафильтрации видно, что коэффициент концентрирования по белку достигает 10, по лактозе – 1,4. Из анализа аминокислотного состава свежей творожной сыворотки видно, что в ней содержатся в большей степени глутаминовая и аспаргиновая аминокислоты, а также лизин и пролин. По результатам переработки творожной сыворотки производства К(Ф)Х Аникьева А.В. методом ультрафильтрации общий коэффициент концентрирования аминокислот составляет 1,6 раз. Установлено, что наибольшую массовую долю в концентрате сывороточных белков в конечном растворе составляют глутаминовая (65,34 мг/л) и аспаргиновая (24,19 мг/л) аминокислоты, значительно увеличилось количество лизина (с 25,16 до 71,59 мг/л), цистина (с 0,12 до 2,11 мг/л) и глицина (с 0,73 до 8,99 мг/л).

Концентрирование творожной сыворотки методом ультрафильтрации на керамических мембранах КУФЭ (0,01) позволит предприятиям полностью использовать имеющиеся ресурсы, уменьшить объемы сбрасываемых сточных вод. Переработка сыворотки дает возможность производства на основе ее концентрата новых конкурентоспособных напитков с высоким содержанием аминокислот. Перспективной задачей является подбор различных типов мембранных элементов с целью селективного концентрирования аминокислот.

Список литературы

1. Лидирующая компания в области исследования коммуникаций [Электронный ресурс]: Анализ рынка сыра и творога в России // URL: <http://www.prnews.ru/topic/analiz-rynka-syra-i-tvoroga-v-rossii> (дата обращения: 9.11.2018);
2. Лазарев В.А., Тимкин В.А., Пищиков Г.Б., Мазина О.А., концентрирование аминокислот молочной сыворотки баромембранными методами // Аграрный вестник Урала – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. аграр. ун-та, 2016, №1 (143), с. 33-36;
3. Nath A, Chakrabortya S, Bhattacharjeea C, Chowdhury R. «Studies on the separation of proteins and lactose from casein whey by cross-flow ultrafiltration». Desalination and Water Treatment, vol. 54, 2015, pp. 481-501;
4. Лазарев, В.А. Разделение и концентрирование молочной сыворотки на ультрафильтрационных и обратноосмотических мембранах диссертация. – Екатеринбург, 2015. – с. 48;
5. Lazarev, V.A., Timkin, V.A. Determination of the osmotic pressure of multicomponent solutions in the food industry // Petroleum Chemistry. – 2015, Т. 55, №4, с.: 301-307;
6. Lobasenko B.A., Ivanets V.N., Sazonova E.K., Stefankin A.E., Kotlyarov R.V. «Modeling of continuous membrane plant completed with apparatus for diffusion layer removing». Food Processing: Techniques and Technology, 2016, vol. 42, no. 3, pp. 112-117;

ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ НИЗКОТОВАРНОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

О.Н. Леонова

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет*

Аннотация. В статье рассмотрены существующие и перспективные технологические процессы по производству строительных материалов различного назначения из низкотоварной древесины и отходов деревообработки. Изучено влияние параметров древесных отходов на эффективный выход полезной продукции. Определено влияние условий эксплуатации основного оборудования по переработке отходов на эффективность его применения. Обоснованы критерии эффективности утилизации древесных отходов с учетом их вида, места и объемов образования.

Ключевые слова: *низкотоварная древесина, древесные отходы, строительные материалы, комплексное использование древесины.*

PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS FROM LOW-GRADE WOOD AND WOOD WASTE

O.N. Leonova

St. Petersburg state University of architecture and civil engineering

Abstract. the article considers the existing and promising technological processes for the production of building materials for various purposes from low-grade wood and wood waste. The influence of wood waste parameters on the effective yield of useful products is studied. The influence of operating conditions of the main equipment for waste processing on the efficiency of its application is determined. Criteria of efficiency of utilization of wood waste taking into account their type, place and volumes of formation are proved.

Keywords: *low-grade wood, wood waste, building materials, complex use of wood.*

Несмотря на активное внедрение новых технологий, низкотоварная древесина и древесные отходы, по прежнему, представляют определенную проблему для лесопромышленных предприятий [1]. К низкотоварной относится древесина, заготовка и переработка которой не выгодна по природно-производственным условиям [2]. Отдельно можно выделить тонкомерную древесину получаемую при проведении рубок ухода за лесом, которая, как и низкотоварная, практически не находит применения в деревообработке, что существенно снижает экономические эффекты от выполнения рубок ухода [3-5] Поэтому она может быть также отнесена к отходам. Древесные отходы можно разделить на две основные группы: отходы лесозаготовительного и деревообрабатывающего производств [6].

Характеристика и объемы древесных отходов, образующихся в процессе лесозаготовок, зависят от состава лесонасаждения, техники и технологии лесозаготовительного производства. Основными видами лесосечных отходов и тонкомерной низкокачественной древесины при рубках леса являются: сучья и вершинки, остающиеся после очистки деревьев сучкорезными машинами; сучья, вершинная часть от обработки габаритов пакета древесины при вывозке

древесины по дорогам общего пользования; кусковые отходы стволовой древесины, образующиеся в процессе выполнения валки, трелевки деревьев и погрузки хлыстов [7].

На нижних складах лесозаготовительных предприятий в процессе разгрузки и переработки поступающей из леса древесины образуются кусковые отходы древесины в виде козырьков, откомлевок, вершинных остатков в общем объеме 2-3% [8].

Отходы деревообрабатывающих производств, которые можно классифицировать: по сортименту исходного сырья (отходы пиломатериалов, отходы фанеры и древесноволокнистых плит, отходы древесностружечных плит); по породам древесины (хвойная, лиственная); по влажности (сухие до 15%, полусухие 16-30%, влажные 31% и выше, сверхвлажные 100% и выше); по структуре (кусковые крупные, кусковые средние, кусковые мелкие, сыпучие); по стадийности обработки (первичные, вторичные) [9].

Количество отходов деревообрабатывающих производств зависит от качества поставляемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, системы машин предприятия и его мощности. Количество отходов в деревообработке составляет 45-63% исходного сырья (пиломатериалов, фанеры).

Очередность освоения тех или иных групп отходов и низкотоварной древесины определяется экономическими соображениями, и первоочередному использованию подлежат те ресурсы, переработка которых связана с меньшими затратами [10].

Наиболее оптимальна следующая очередность вовлечения отдельных видов отходов и низкотоварной древесины в переработку: кусковые отходы лесопиления и деревообработки; отходы лесозаготовок на нижнем складе и дровяная древесина хвойных пород; лиственная древесина, включая дрова и отходы; маломерная древесина от рубок ухода; мягкие отходы и кора; отходы лесозаготовок на лесосеке (ветви, сучья, пни) [11].

Выбор наиболее эффективного способа использования низкотоварной древесины и древесных отходов зависит от типа производства, его объема, номенклатуры и количества образующихся отходов, а также от условий транспортирования и сбыта продукции. Важнейшим условием использования низкотоварной древесины и древесных отходов в качестве вторичного сырья является накопление значительных масс сырья на тех предприятиях, где предусматривается их переработка. Решение этих вопросов связано с укрупнением производства основной продукции, а также с перевозкой отходов [12].

Но, помимо экономических эффектов от переработки низкотоварной древесины и древесных отходов, необходимо всегда помнить и о крайне важной экологической составляющей этого вопроса [13].

Длинномерные кусковые отходы можно использовать для изготовления речных щитов, серединок столярных плит и пустотелых щитов, а также для изготовления панельных домов. Мелкие кусковые отходы применяются для наборки среднего слоя в переклееных щитах. Отходы шпона, фанеры и

древесноволокнистых плит идут на серединки пустотелых щитов. Короткомерные кусковые отходы (дощечки, рейки, бруски) применяются для изготовления щитов настила чистых полов, а рейки - для нижнего основания паркетных досок. Сращивание короткомерных кусковых отходов увеличивает полезный выход на 4-7%. Минимальная длина отрезка, сращиваемого по длине в производстве строительных деталей, составляет 250 мм, а минимальная ширина неполномерного по ширине отрезка в производстве тарных изделий - 20 мм.

Для изготовления клееных черновых заготовок могут быть использованы все виды кусковых отходов. Для получения прямолинейных заготовок используют кусковые отходы лесопиления (рейки, горбыли и торцовые отрезки), кусковые отходы, получаемые при раскросе пиломатериалов на цельные черные заготовки, и бракованные детали.

По ширине и толщине кусковые отходы соединяют склеиванием на гладкую кромку или пласть без образования специальных элементов соединения (гребень, паз, четверть и т.д.), такой вид соединения практически обеспечивает наибольшую площадь склеивания и наименьший расход древесины [14].

Сращивание по длине можно осуществлять различными способами: соединением на ус, зубчатым соединением и соединением торцами впритык.

Щепа технологическая используется в качестве сырья для производства сульфитной и сульфатной целлюлозы, полуфабриката тарного картона, древесноволокнистых и древесностружечных плит, гидролизного спирта и кормовых дрожжей [15].

Основным размером щепы является ее длина, которая при рубке регулируется величиной выпуска рубильных ножей под плоскостью диска (при прочих постоянных параметрах) [16].

Поскольку главным размером щепы является ее длина, а ширина и толщина не регулируются, при разработке технических условий на щепу достаточно указывать только длину щепы или ее пределы - наибольший и наименьший размеры, а также оптимальный. Однако в других условиях рубки или дробления должна быть предусмотрена сепарация для получения щепы не только требуемой длины, но и толщины. В этом случае полезный выход щепы заметно снижается [17].

Применительно к технологии производства древесностружечных плит целесообразно различать два термина: специальная стружка и стружка-отход.

Наиболее близко отвечает интересам деревообрабатывающих предприятий использование стружки-отхода для изготовления древесностружечных плит, поскольку эти плиты являются основным конструкционным материалом в мебельном производстве.

Из стружки можно готовить арболит - экономичный и эффективный строительный материал.

Чистые еловые опилки и стружка деревообрабатывающих цехов считаются лучшими сырьем для изготовления древесной муки, употребляемой в качестве

наполнителя в производстве фенольных пластмасс, линолеума, взрывчатых веществ и пьезотермопластиков [18].

Из просеянных опилок изготавливают древесные плиты способом экструзионного прессования. В этом случае применяют до 50% опилок вместе со стружкой. Способность опилок лучше упрессовываться и увеличивать объемный вес наружных слоев при увлажнении поверхности ковра перед горячим прессованием позволяет получать трехслойные плиты, лицевые поверхности которых обладают высокой твердостью и износостойкостью, а средний слой имеет сравнительно небольшую объемную массу. Такие стружечно-опилочные плиты могут использоваться для лицевых покрытий панелей и для полов в жилых и общественных зданиях.

Путем холодного прессования опилок с магнезиальным вяжущим получают ксилолит. Соотношение количества вяжущего и древесных частиц обычно 1:2 или 1:4. Из ксилолита изготавливают плиты для отделки стен и потолков, лестничные ступени, подоконники и полы. Его объемная масса 1,2 г/см². Ксилолит негорюч, морозостоек, не боится ударов и выдерживает значительную нагрузку. Полы из ксилолита рекомендуются в цехах текстильных, бумажных фабрик, в типографиях, в цехах с интенсивным движением транспортных механизмов. Коэффициент теплопроводности ксилолита 0,33-0,3 ккал/т*ч*град.

Опилки могут значительно пополнить сырьевые ресурсы в целлюлозно-бумажной промышленности. Увеличение размеров опилок, получаемых при лесопилении, обеспечивает повышение прочности волокна, вырабатываемого из опилок путем варки.

Опилки используются также для изготовления пористого кирпича в промышленности стройматериалов, вводимые в качестве компонента в состав глины, они при обжиге сгорают и образуют отверстия и каналы. Опилки применяются и в качестве подстилки для скота в животноводстве; для очистки полов; в фильтрах для биохимической очистки стоков от нерастворимых смол и масел.

Строительные смеси на основе отходов древесины и различных вяжущих применяют для возведения стен жилых зданий и хозяйственных построек.

Термоорит - это плиты плотностью от 700 до 1300 кг/м³, различных форматов применяются в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала в каркасном строительстве, см. табл. 2.1.

Смеси заливаются в металлические или металлодеревянные формы и выдерживаются в течение 1-2 суток при температуре 15°C и выше. При приготовлении смеси древесные опилки должны быть просеяны через сито с ячейками 10-20 и 5 мм. Остаток на сите 5 мм - основная масса для смеси, к ней допускается добавлять до 30% остатка на сите 10 мм.

Термопорита производится по следующей технологии: в растворомешалку (бетономешалку) заливают воду, затем жидкое стекло; в полученный раствор добавляют известковое тесто, хлорную известь и цемент. После перемешивания массы в течение 1-2 мин вводят опилки и перемешивают 5-6 мин. Расход воды такой же, как при приготовлении опилкобетона. Плиты термопорита

используются для закладки проемов каркасных стен с учетом толщины теплоизоляции, аналогично опилкобетону.

Опилкобетон - это конструкционно-теплоизоляционный бетон, в котором опилки и песок используются в качестве заполнителя, а цемент и известь как вяжущее. Смеси можно использовать для изготовления штучных блоков различных размеров для последующего возведения стен построек, а также для непосредственной укладки в опалубку при возведении монолитных стен.

При изготовлении блоков смеси закладывают в формы, тщательно их трамбуют и выдерживают 1-2 суток при температуре 15°C. В составе смесей допускается применение вместо просеянного песка гравия с песком в соотношении до 60% гравия.

Для термопорита и опилкобетона рецепт приготовления смесей следующий: расход воды 250-350 кг/м³ в зависимости от влажности опилок (при W 25-50% расход воды 300-350, при W 50-100% - 250-300 кг/м³).

Опилки необходимо просеять через сита с отверстиями 10-20 и 5 мм. Остаток на сите 5 мм - кондиционные опилки для увеличения прочности к ним можно добавить до 30% древесной стружки. Остаток на сите 10 мм.

Изготавливают смесь опилкобетона в следующей порядке: сначала тщательно перемешать песок и цемент, к сухой массе добавить опилки и перемешивать с последующим постепенным введением воды. Для приготовления смеси используются обычные растворомешалки.

Толщина наружных стен зависит от климатических условий и с учетом двухсторонней штукатурки составляет для районов с расчетной температурой.

Для животноводческих зданий толщина стен должна быть не менее 35 см, для гаражей и мастерских не менее 20 см. При укладке смеси в опалубку слоями 150-200 мм тщательно трамбовать каждый слой. Изготовление блоков рекомендуется на специальных виброустановках.

Гипсоопилочный бетон - это блоки, применяемые для устройства стен в жилых, общественных и производственных зданиях (одноэтажные здания III и IV степени долговечности) с относительной влажностью воздуха не более 60%.

Расход строительного гипса и опилок принимать в соотношении 1:4 (по объему). Для увеличения сроков схватывания гипса можно применить животный клей, активированный известью или каустической содой (50 г на ведро воды). Для кладки стен из гипсоопилочных блоков используется смесь в составе гипса и опилок 1:3 по объему.

Термиз - это теплоизоляционный материал на основе гашеной извести, опилок, цемента, суглинка. Применяется в строительстве в виде плит или монолита для утепления стен и кровли.

Порядок изготовления: в гашеную известь в виде теста добавить цемент и предварительно измельченный сухой суглинок, тщательно перемешать в течение 3-4 мин в растворомешалке, затем в смесь добавить увлажненные до 120-150% опилки и тщательно перемешать.

Обеспечивается изоляция стен или перекрытий при температуре -30°C - 180 мм, при температуре -40°C - 220 мм.

Цементностружечная смесь - это смесь или блоки на ее основе, рекомендуемые для устройства стен жилых и хозяйственных одноэтажных зданий. Для смеси применяется станочная стружка хвойных пород размером 10-50 мм (кроме лиственничной), влажностью не более 15%, не допускается содержание коры, опилок, гнили и загрязняющих веществ, которые должны отсеяться на сите с ячейками 10 мм.

Приготовление смеси: сначала приготовить цементный раствор в теплой воде, затем 15% раствора залить в смеситель вместе с расчетным количеством стружки, перемешать в течение 1 мин, после чего загрузить оставшиеся 85% стружки и перемешать до равномерной массы в течение 2 мин, не более.

Смесь может быть использована для укладки в опалубку и для изготовления стеновых блоков.

Дюризол - изготавливается с 30-х годов одноименной швейцарской фирмой на специальных промышленных технологических линиях из станочной стружки, портландцемента М500 и химических добавок. Фирма выпускает стеновые панели, плиты покрытий, пустотные блоки (50*25*30 см). При строительстве жилых зданий высотой до 14 этажей в Швейцарии применяют дюризоловые пустотные блоки, при этом пустоты, расположенные по вертикали и горизонтали, заливаются бетоном, за счет чего образуется бетонная сетка, которая несет вертикальную нагрузку, а сам дюризол выполняет роль теплоизоляции.

Велокс - изготавливается из дробленой древесины, портландцемента и хлористого аммония.

Ксилолит - применяется в виде раствора или плит при устройстве полов в сухих помещениях жилых и общественных зданий.

Ксилолит изготавливается на основе опилок, каустического магнезита и хлористого магния.

Для покрытий плит используются опилки хвойных пород, просеянные через сита 25*25 мм и 5*5 мм, в которые при непрерывном помешивании сначала подается каустический магнезит MgO , затем водный раствор хлористого магния $MgCl_2$.

На деревообрабатывающем заводе и мебельной фабрике имеется цех, в котором основным древесным отходом является древесная пыль; это - шлифовальный цех. Пыль можно собрать с помощью пневмотранспорта или аспирационной сети и направить для дальнейшего использования в производстве древесной муки, для переработки в формованные изделия или в пьезотермопластики, а также использовать в качестве наполнителя в разного рода материалах (клеи, замазки и др.). Древесная пыль является также полезным ингредиентом в производстве древесностружечных плит.

Следует также отметить, что за рубежом проблема эффективного использования древесины и древесных отходов решена в большем объеме. Философия безотходного производства, используемая на многих иностранных деревообрабатывающих предприятиях позволяет включать в производственный процесс буквально каждое древесное волокно. Более того, за рубежом широко распространена практика целевого выращивания тонкомерной древесины в

качестве сырья для производства вышеописанных древесных конструкционных полимеров [19, 20].

Список литературы

1. Куницкая О.А. Обоснование направлений диверсификации обработки низкотоварной древесины на комплексных лесопромышленных предприятиях с использованием инновационных технологий / О.А. Куницкая СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 250 с.

2. Куницкая О.А. Переработка низкотоварной древесины на технологическую щепу /О.А. Куницкая Б.М. Локштанов, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции -Воронеж.: ВГЛТА, 2014. Том 2, с. 379 – 382.

3. Григорьева О.И. Перспективные направления повышения эффективности проведения рубок ухода за лесом / О.И. Григорьева // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 56-58.

4. Григорьева О.И. Новая машина для проведения рубок ухода за лесом /О.И. Григорьева //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-2 (13-2). С. 116-119.

5. Григорьева О.И. Концепции интенсивного использования и воспроизводства лесов /О.И. Григорьева // Леса России в XXI веке: сборник научных трудов по итогам международной научно-технической интернет-конференции. 2015. СПб.: СПбГЛТУ. С. 103-107.

6. Куницкая О.А. Выбор наполнителя для создания конструкционных материалов на основе отходов окорки / О.А. Куницкая // Материалы международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы лесного комплекса". Вологда: ВоГТУ, 2011. С. 72-75.

7. Григорьева О.И. Новая машина для очистки лесосек /О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 5-3 (10-3). С. 96-99.

8. Куницкая О.А. Повышение эффективности труднодоступных лесных массивов за счет расширения ассортимента готовой продукции, выпускаемой на мобильных лесопромышленных складах / О.А. Куницкая, С.С. Бурмистрова // Леса России в XXI веке: Материалы девятой международной научно-технической интернет-конференции. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. С. 83-87.

9. Куницкая О.А. К вопросу рационального использования НКД / О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). С. 147-151..

10. Куницкая О.А. Новые материалы из низкотоварной древесины и изделия из них / О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 4-3 (9-3). С. 22-26.

11. Куницкая О.А. Перспективы увеличения объемов лесозаготовки за счет низкотоварной древесины / О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-2 (8-2). С. 104-107.

12. Куницкая О.А. Проблема заготовки и обработки низкотоварной древесины в Российской Федерации / О.А. Куницкая, С.С. Бурмистрова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 2-3 (7-3). С. 78-82.

13. Куницкая О.А. Повышение экологической безопасности лесозаготовительного производства за счет эффективной переработки низкотоварной древесины / О.А. Куницкая // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-1 (13-1). С. 247-250.

14. Тамби А.А. Исследование клеевых соединений древесины, формируемых мочевино-меламино-формальдегидными связующими / А.А. Тамби, С.В. Игнатенко, С.Ю. Шинкаренко, А.М. Кульков, И.В. Григорьев, О.В. Юркова, В.Е. Сажин // Клеи. Герметики, Технологии. 2018. № 5. С. 18-25

15. Куницкая О.А. Способы облагораживания древесной щепы, получаемой из тонкомера / О.А. Куницкая // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы II международного научно-практического форума. 2017. С. 204-208.

16. Григорьев И.В. Способ автоматизации степени затупления ножей рубительных машин / И.В. Григорьев, Б.М. Локштанов, О.А. Куницкая, Д.Е. Куницкая // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2015. № 6 (219). С. 56-60.

17. Куницкая О.А. Поиск новых технических решений для повышения эффективности производства технологической щепы / О.А. Куницкая, Б.М. Локштанов, И.В. Григорьев, Д.Е. Куницкая, А.Е. Лукин // Интенсификация формирования и охраны интеллектуальной собственности: Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 75-летию ПетрГУ. Петрозаводск: ПетрГУ, 2015. С. 14-15.

18. Куницкая О.А. Материаловедческие и технологические аспекты производства новых конструкционных и защитных материалов на основе древесины путем ее пропитки жидкостями с различными физико-химическими и биологическими свойствами / О.А. Куницкая // Деп. ВИНТИ 290.04.11 № 202-В2011, 2011. 35 с.

19. Вагвелди А. Выращивание и эксплуатация лесных плантаций / А. Вагвелди, Ш. Фехер, Б. Хорват, С. Коман, Г. Ковач, Л. Сабо, И. Цупи, И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, Д. Данилов, О.А. Куницкая, Е. Криваш / Издательство: University of West Hungary Pres. 2016. -132 с.

20. Григорьева О.И. Лесные плантации для сырьевого обеспечения деревоперерабатывающих предприятий / О.И. Григорьева, Ф.З. Нгуен // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск: ПетрГУ, 2017. С. 59-61.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ С ДОБАВЛЕНИЕМ
ГРЕЦКОГО ОРЕХА И БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА
«ЛАКТОМИКС»**

Л.Е. Мартемьянова, И.П. Шадрин, Н.В. Шадрина, А.П. Дробина
*ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет имени
П.А. Столыпина*

Аннотация. Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность и эффективность применения грецкого ореха и бактериального препарата «Лактомикс» в качестве сырья содержащих комплекс функциональных пищевых ингредиентов в физиологически значимом количестве в производстве замороженных полуфабрикатов в тесте.

Ключевые слова: *полуфабрикат, грецкий орех, бактериальный препарат «Лактомикс», пищевая и биологическая ценность, функциональный компонент.*

**THE IMPROVEMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY
FROZEN SEMI-FINISHED PRODUCTS IN DOUGH WITH THE ADDITION
OF WALNUT AND BACTERIAL DRUG
"LAKTOMIKS»**

L.E. Martemyanova, I.P. Shadrin, N.V. Shadrina, A.P. Drobina
*FSBEI Omsk state agrarian University named after
P.A. Stolypin*

Abstract. Theoretically and experimentally proved the feasibility and effectiveness of walnut and bacterial preparation "Lactomix" as a raw material containing a complex of functional food ingredients in a physiologically significant amount in the production of frozen semi-finished products in the test.

Keywords: *prefabricated, walnut, bacterial drug "Laktomiks", food and biological value, functional component.*

Обеспеченность населения страны здоровым питанием имеет важное государственное значение, поэтому функция его организации возложена (поручением Правительства РФ от 31.12.2009 №ВП-П11-7898) на государственные и муниципальные органы и учреждения Российской Федерации.

Питание является одним из основных условий существования человека, а проблема питания – одной из основных проблем человеческой культуры. Количество, качество, ассортимент потребляемых пищевых продуктов, своевременность и регулярность приема пищи решающим образом влияют на человеческую жизнь во всех ее проявлениях.

В проекте «Основы государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2025г.» целями государственной политики в области здорового питания провозглашены сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, связанных с неправильным питанием детей и взрослых.

Поиск альтернативных решений в технологии пищевых продуктов определил необходимость создания современной структуры питания на основе применения функциональных продуктов, получаемых из природных источников, содержащих уникальные по химическому строению липидные компоненты, способные оказывать эффективное биологическое воздействие на организм человека, корректирующее негативное техногенное влияние экологии [1].

Большой популярностью в настоящее время пользуются биологически полноценные комбинированные продукты, отвечающие требованиям науки о питании. Такие продукты имеют сбалансированный состав за счёт комбинирования сырья животного и растительного происхождения. Однако в нашей стране объём выпуска и ассортимента таких продуктов недостаточен. В этой связи актуальны исследования, направленные на разработку и создание растительно-мясных продуктов питания функциональной направленности.

В основу создания растительно-мясных продуктов питания положена принципиальная способность и возможность определённых компонентов сочетаться с другими компонентами по физико-механическим, реологическим, органолептическим, биологическим, экономическим и другими свойствами и показателями. Такая способность и возможность взаимного сочетания указанных свойств пищевого сырья, компонентов и ингредиентов позволяет обеспечить функциональное единство и высокую эффективность питания человека в зависимости от его пола, возраста, состояния здоровья и т.д. [2].

Пельмени остаются наиболее популярными полуфабрикатами в тесте на российском рынке. Они относятся к числу наиболее распространённых видов полуфабрикатов. Замороженные полуфабрикаты в тесте должны удовлетворять физиологические потребности человека в необходимых веществах и энергии, отвечать обычно предъявляемым к пищевым продуктам требованиям в части органолептических и физико-химических показателей. Кроме того, в отношении этих продуктов нормативными документами определено допустимое содержание химических соединений, микроорганизмов и других живых организмов, представляющих опасность для здоровья нынешнего и будущих поколений [3].

Одним из путей устранения дисбаланса по микроэлементам и витаминам является расширение ассортимента пищевого сырья за счёт использования растительного сырья, которое является источником белков, углеводов, а также вкусовых и ароматических добавок. Растительные компоненты способны дополнить отсутствующие или недостающие в мясных продуктах биологически активные вещества [4]. В качестве растительного компонента при разработке рецептуры и технологии замороженных полуфабрикатов в тесте был выбран грецкий орех.

Грецкий орех – концентрат высококачественного белка и пищевой диетической клетчатки. По количеству белка грецкие орехи можно сравнить с мясом. В ядрах грецкого ореха обнаружены свободные аминокислоты (аспарагин, валин, глутамин, гистидин, серин, фенилаланин и цистин), провитамин А, витамины Е, РР, К, группа В и бета-каротин, а также

минеральные вещества и микроэлементы: магний, фосфор, сера, медь, фтор, кальций, натрий, калий, хлор, железо, цинк, йод, марганец, селен, кобальт. Ядро грецкого ореха может на 77% состоять из жиров, однако большей частью это ненасыщенные жиры, которые практически не содержат холестерина.

В исследовании американских ученых во главе с Д. Винсоном доказано, что грецкий орех содержит в разы большее количество антиоксидантов, чем все другие орехи. Причем биологическая активность антиоксидантов выше, чем в других видах орехов [5]. Добавленный грецкий орех является, пожалуй, самым уникальным представителем растительного сообщества, растением, в котором все его части обладают высокими биологически активными свойствами.

Советские ученые Г.С. Дементьев и И.П. Ратушинская выявили 16 свободных аминокислот в ядре ореха, общая сумма которых составляет 125,6-263,2 мг% на воздушно-сухую массу. Причем особую ценность представляет то, что почти половина (35,5-47,5 %) из них представлена незаменимыми аминокислотами - лейцином, фенилаланином, валином, триптофаном, треонином, лизином. В организме человека не синтезируются незаменимые аминокислоты, которые необходимы для построения белков. Поэтому они должны поступать в организм с белками пищи. А ведь питательная и лечебная ценность белков определяется именно количественным содержанием в них незаменимых аминокислот.

Достаточно высокое содержание белка, незаменимых аминокислот, низкое содержание жира определяет биологическую ценность грецкого ореха, способствует ее использованию в качестве рецептурного ингредиента при производстве мясных замороженных полуфабрикатов в тесте.

Одним из путей улучшения структуры и качества питания является перспектива развития функциональных мясных продуктов, связанная с использованием современных биотехнологических методов обработки сырья, а также пищевых добавок, включая бактериальный препарат «Лактомикс», который содержит высокий процент высококачественных молочных компонентов (мин. 70%), является высокобелковой добавкой, обогащенной аминокислотами.

Бактериальный препарат «Лактомикс» содержит препарат *Cylactin LBC*, который нормализует микрофлору кишечника за счет включения в состав пробиотического штамма молочнокислых бактерий *Enterococcus faecium* NCIMB 10415. Этот штамм, заселяя пищеварительный тракт, активно продуцирует L-форму молочной кислоты и короткоцепочечные жирные кислоты, стимулирует кишечный эпителий к повышенному образованию слизистого секрета (защитная функция) и антител (иммуностимуляция), предотвращает повреждение микроворсинок слизистого слоя кишечника, подавляет рост патогенной микрофлоры такой как (*E. Coli*, *Clostridia*, *Salmonella*), снижает количество аммиака, токсичных амидов и токсинов в кишечнике, способствует восстановлению кишечной микрофлоры после лечения антибактериальными препаратами.

Состав препарата, %: сырой протеин 38,0; сырой жир 1,0; углеводы 45,5; сырая клетчатка 2,5; влажность 5,3; зола 7,7. Обменная энергия 3050 ккал/кг.

Бактериальный препарат «Лактомикс» содержит в составе лактозу, которая стимулирует рост количества молочнокислых бактерий в кишечнике и выработку молочной кислоты. Благодаря этому успешно справляются с заболеваниями кишечника.

Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что проведение исследований в направлении создания замороженных мясных продуктов в тесте функциональной направленности является актуальным научным направлением.

Цель работы: разработать рецептуру и совершенствовать технологию замороженного полуфабриката в тесте с высокой пищевой и биологической ценностью на основе сочетания мясного сырья с белками животного и растительного происхождения.

Экспериментальные исследования по совершенствованию технологии производства замороженных полуфабрикатов в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха» проводились на предприятии ООО «Деликатесы Сибири» и в научно-исследовательской лаборатории кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО Омский ГАУ.

Объектами исследования выступают перспективные ингредиенты, выполняющие роль функционального компонента при производстве этого вида продукции:

- мясо говядины - ГОСТ 779-554;
- грецкий орех - ГОСТ 16832-71;
- бактериальная закваска «Лактомикс» -ТУ 9214-350-23476484-08
- лук репчатый свежий - ГОСТ 1723, ГОСТ Р 51783
- перец душистый молотый - ГОСТ 29045;
- соль пищевая - ГОСТ 13685-68;
- сахар-песок - ГОСТ 21-78;
- мука пшеничная в/сорт - ГОСТ Р 52189-2003;
- яйца куриные пищевые - ГОСТ 27583-88;
- меланж - ГОСТ 30363-96

Выбранные объекты исследований были приняты в соответствии с нормативной документацией, как белоксодержащее сырье животного и растительного происхождения.

На основании результатов проведенных исследований разработана рецептура и технология производства замороженных полуфабрикатов в тесте для функционального питания, характеризующаяся высокими качественными показателями. Проведена оптимизация рецептуры замороженных полуфабрикатов по критерию себестоимости и энергетической ценности. Определены органолептические, физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность, установлены сроки хранения, обеспечивающие безопасность и максимальное сохранение потребительских свойств.

Исследования состава и свойств исходных объектов мясного и растительного сырья проводили по стандартным и модифицированным методикам.

Сравнительная органолептическая оценка разработанных замороженных полуфабрикатов в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха» и «Пельмени Домашние» (контроль) показала, что их внешний вид, форма и вид на разрезе практически одинаковы. Опытные образцы имели выраженный мясной запах и слабо выраженный запах специй, консистенция фарша—однородная. Пельмени с добавлением грецкого ореха и бактериального препарата «Лактомикс», приготовленные по разработанной рецептуре - сочные, вкус и аромат ярко выражены, соответствуют требованиям, указанным в таблице 1 согласно ГОСТ Р 52675-2006. Разработанные замороженные полуфабрикаты имеют высокую органолептическую оценку, энергетическую и питательную ценность по сравнению с традиционным способом приготовления

Таблица 1

Органолептические показатели замороженного полуфабриката в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха»

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид и вид на срезе	Форма, состояние поверхности и на срезе, соответствуют данному наименованию полуфабриката, с учетом используемых рецептурных компонентов, в том числе пряностей, предусмотренных рецептурой
Вкус и запах	Свойственные данному наименованию полуфабриката с учетом используемых рецептурных компонентов, в том числе пряностей, предусмотренных рецептурой
Цвет	Свойственный цвету, используемого в данном наименовании полуфабриката с учетом используемых рецептурных компонентов, в том числе пряностей, предусмотренных рецептурой

На основании проведенных исследований, было установлено максимально возможное содержание измельченного грецкого ореха в фарше от 4,8 до 8,8%. При большем содержании измельченного грецкого ореха у готовых изделий преобладал нехарактерный привкус, масса становилась неоднородной, и на разрезе были видны мелкие, включения грецкого ореха.

Разработанный замороженный полуфабрикат в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха» можно отнести согласно ГОСТ Р 52427 к категории В: мясосодержащий полуфабрикат в тесте с массовой долей мышечной ткани в рецептуре (в рецептуре начинки) от 40 до 60 %.

Оценивая полученные результаты физико-химических показателей (г/100 г продукта) можно сделать вывод, что по сравнению с контрольным образцом заметно небольшое увеличение массовой доли белка и клетчатки на 5,2 и 11,8 %, соответственно одновременно наблюдается снижение содержания жира на 8,45% за счет введения в состав мясного фарша растительного компонента - грецкого ореха.

Внесение бактериального препарата «Лактомикс» обеспечивает снижение окислительной порчи липидов и улучшение качественных показателей мясного

фарша. Внесение стартовых культур эффективно ингибирует санитарно-показательную и патогенную микрофлору при производстве полуфабрикатов за счет синтеза специфических метаболитов и антимикробных веществ.

По физико-химическим показателям разработанные замороженные полуфабрикаты в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха» соответствуют требованиям, указанным в таблице 2 в соответствии с ГОСТ Р 62675 – 2006.

Таблица 2

Физико-химические показатели замороженных полуфабрикатов в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха»

Наименование показателя	Норма для мясодержащих полуфабрикатов категории В
Массовая доля белка, % не менее	10
Массовая доля жира, % не более	50
Массовая доля крахмала, % не более	4
Массовая доля хлорида натрия, % не более	1,8

Установлено, что введение в рецептуру измельченного грецкого ореха в замороженные полуфабрикаты в тесте не снижает микробиологическую устойчивость полуфабрикатов в процессе хранения.

Внесение в рецептуру «Пельмени с добавлением грецкого ореха» 30 % бактериального препарата «Лактомикс» (на основе штаммов *L. curvatus* 1, *L. casei* 10, *P. Acidilactici* 38, *P. pentosaceus* 28) обеспечивает увеличение количества ненасыщенных жирных кислот, незаменимых аминокислот фенилаланина и метионина, а также пролина, глицина, аланина и аргинина в составе суммарного белка, повышает биологическую ценность продукта, улучшает органолептические характеристики и микробиологическую стабильность продукта. Опытные изделия являются носителями биологически активных веществ и соответствуют продуктам функционального питания.

Экспериментально определено, что микробиологические показатели замороженных полуфабрикатов в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха» в течение 54 часов хранения соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 и СанПиН 2.3.2.1078-01.

Заключение. Разработана рецептура и технология производства замороженных полуфабрикатов в тесте «Пельмени с добавлением грецкого ореха». Установлено, что внесение бактериального препарата «Лактомикс» в рецептуру замедляет окислительные процессы в продукте, повышает его органолептические показатели и улучшает санитарно-микробиологическую картину.

На основе установленного химического состава грецкого ореха обоснованы его преимущества как нового источника пищевого белка для создания новых продуктов питания функционального назначения и укрепления сырьевой базы белковых ресурсов. Разработанные замороженные полуфабрикаты «Пельмени с добавлением грецкого ореха» отвечают требованиям, предъявляемым к данной ассортиментной группе

мясосодержащих полуфабрикатов категории В и обладают высокой пищевой и биологической ценностью.

Мясосодержащий полуфабрикат, объединяющий в своем составе разные виды мясного и растительного сырья, обогащенный витаминами, макро- и микроэлементами способствует образованию стабильных легкоусвояемых комплексов, связыванию и выведению холестерина, улучшает процесс пищеварения. Применение растительных белковых продуктов в мясной промышленности благодаря их высокой водо- и жиросвязывающей способности позволяет значительно уменьшить потери при производстве полуфабрикатов, особенно при их термообработке. В результате значительно снижается себестоимость продукта, а качество улучшается.

Предлагаемая рецептура и разработанная технология позволяют получить новый функциональный мясосодержащий полуфабрикат категории В, что отвечает актуальным тенденциям совершенствования структуры ассортимента мясных продуктов расширяя при этом ассортиментный перечень выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Касымов, С.К. Разработка функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов / С.К. Касымов, М.Б. Ребезов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. –2015. –Т. 3. –№ 3. –С. 83–91.

2. Рогов, И. А. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Р. М. Ибрагимов, Л. Л. Забашта. — М.: Колос, 1997. — С. 336.

3. Пат. 2175207 Российская Федерация, А23L1/317, А23L1/314, А23L1/31 Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд/ Андреев В. А., Сницарь А. И., Алехина Л. В., Ващук Е. А. — заявл. 25.01.2001.

4. Мартемьянова, Л.Е. Свойства растительных белковых препаратов отечественного производства в мясных системах //Вестник Алтайской науки. 2015. № 1.(23). С. 434-4366.

5. Источник: <http://zdravotvet.ru/greckie-orexi-polza-i-vred/>

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.В. Марширов, А.С. Нефедов, Е.М. Попова, В.В. Рыжиков, Д.А. Симушов
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. Разработка технологий отливок с помощью систем компьютерного моделирования позволяет технологам литейного производства увеличить эффективность производственного цикла за счет сокращения времени от проектирования до изготовления годного изделия.

Ключевые слова: оптимизация разработки технологии отливок, системы компьютерного моделирования, экономия производственных ресурсов.

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF CASTINGS WITH THE HELP OF SYSTEMS OF COMPUTER SIMULATION

I.V. Marshirov, A.S. Nefedov, E.M. Popova, V.V. Ryzhikov, D.A. Simushov
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova

Abstract. The development of casting technologies using computer simulation systems allows casting technologists to increase the efficiency of the production cycle by reducing the time from design to production of a suitable product.

Keywords: *optimization of casting technology development, computer modeling systems, saving production resources.*

В настоящее время существует широкое разнообразие информационных пакетов для компьютерного моделирования, которые охватывают все этапы процесса изготовления изделий, в частности отливок: конструкторский, технологический, опытно-технологический и непосредственно само производство.

Учитывая увеличение производительности труда, остро встает вопрос по сокращению времени на проектирование и производство отливок. Соответственно в производстве литья особый интерес представляет опыт по внедрению CAD-CAE-CAM систем для проектирования, разработки технологии отливки и последующее изготовление ее модельной оснастки [1-8].

Этот подход заключается в том, что технолог-литейщик работает с компьютерной 3D моделью отливки - на её основе происходит построение элементов литейной технологии с учетом припусков на механическую обработку, всевозможных технологических напусков и т.п. и последующий её анализ путем моделирования всех процессов происходящих при заливке и кристаллизации. Главная особенность данного подхода заключается в том, что появляется возможность в процессе проектирования оперативно вносить изменения в компьютерную модель, не затрачивая больших временных и материальных затрат, нежели, если это было бы выполнено «по старинке».

Таким образом, данный метод позволяет сократить значительное количество затрачиваемых ресурсов на производственный цикл. Теперь нет необходимости изготавливать дорогостоящий прототип отливки, с последующей механической обработкой с целью выявления недостатков. Такую работу способен выполнить один инженер с помощью компьютерного моделирования.

Также объемные модели находят применение на этапах, следующих за производством. С их помощью удобно разрабатывать техническую и эксплуатационную документацию, маркетинговые материалы и презентации.

В представленной работе приведены результаты процесса разработки литейной технологии для отливки «Бугель» с помощью системы компьютерного моделирования «LVMFlow CV» (Рис.1).

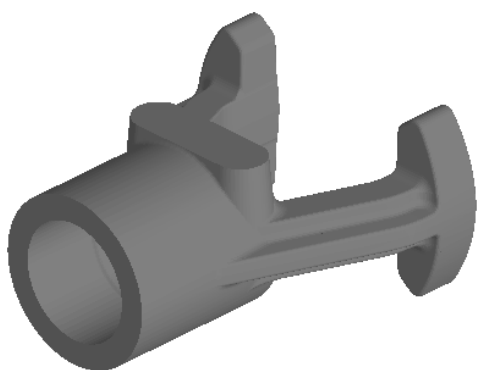


Рис. 1. Отливка «Бугель»

Данная отливка изготавливается из углеродистой стали 25Л по ОСТ 108.961.03-79 по технологии вакуумно-пленочной формовки. Для построения модели отливки была использована САД-система «Компас». Моделирование литейных процессов выполнялось посредством применения САЕ-системы «LVMFlow CV».

За основу проведения работы был взят промышленный образец отливки, имеющий в своем составе открытую прибыль. При анализе с помощью САЕ-системы «LVMFlow CV» в действующей технологии изготовления отливки был выявлен существенный недостаток, а именно – чрезмерная металлоемкость питающего узла (открытая прибыль). При том, что масса отливки составляет 84 кг, металлоемкость формы при получении одной отливки – 246 кг.

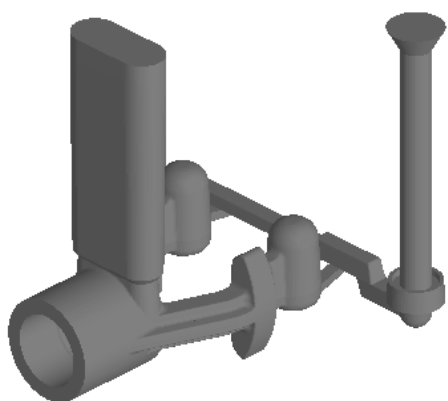


Рис. 2(а)

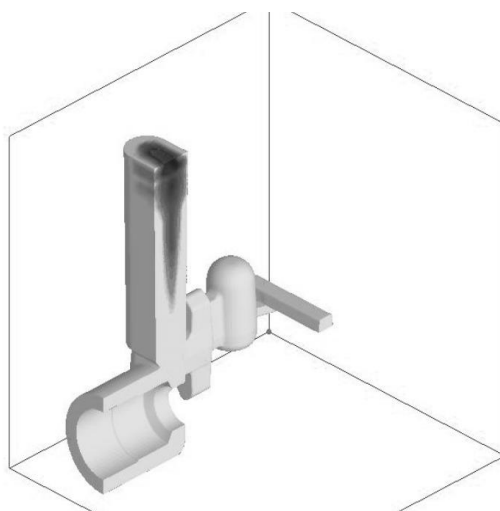


Рис. 2(б).

Рис. 2. Литниковая система отливка «Бугель» (заводская):
а) общий вид, б) результаты моделирования усадочных процессов.

С помощью САД-системы «Компас» были внесены изменения в технологию изготовления отливки, а именно: построены варианты литниковых систем, рассчитанных в соответствии с существующими методиками, подобрана конструкция закрытой прибыли.

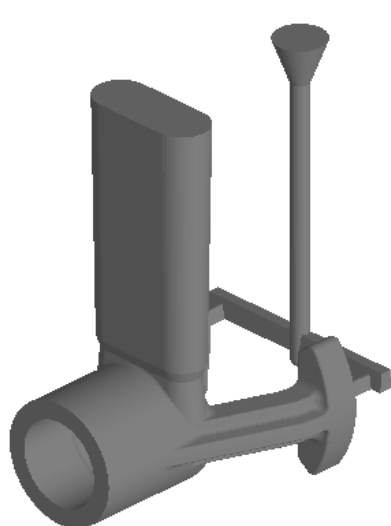


Рис. 3(а)

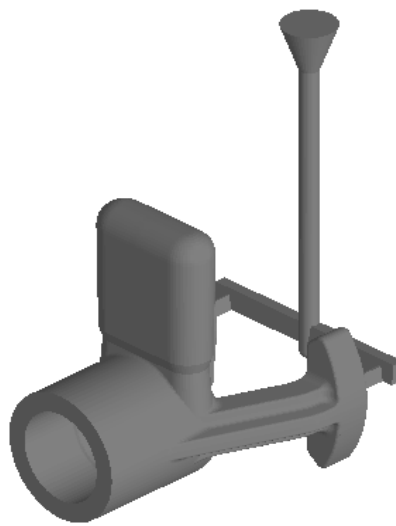


Рис. 3(б)

Рис. 3. Варианты литниковых систем:

- а) литниковая система с открытой прибылью, масса отливки совместно с литниковой системой 166 кг;
- б) литниковая система с закрытой прибылью, масса отливки совместно с литниковой системой 127 кг.

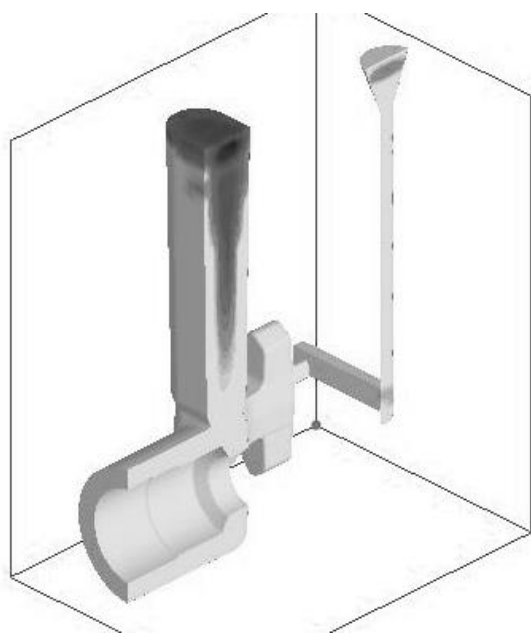


Рис. 4(а)

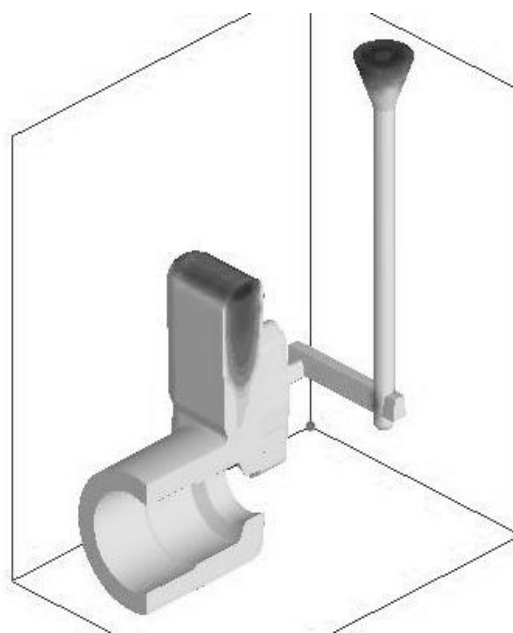


Рис. 4(б)

Рис. 4. Результаты моделирования усадочных процессов:

- а) литниковая система с открытой прибылью,
- б) литниковая система с закрытой прибылью.

Дальнейшее рассмотрение возможных вариантов открытой, либо закрытой

прибылей и проведение необходимых этапов компьютерного моделирования процессов заполнения формы расплавом и его затвердевания, позволило скорректировать параметры литниково-питающей системы и разработать технологию получения отливки «Бугель» без дефектов усадочного происхождения с минимальным расходом металла (Рис.4).

Таким образом, практическое применение системы компьютерного моделирования литейных процессов позволило выполнить оптимизацию технологии изготовления отливки «Бугель». На базе ЗАО «Редукционно-охладительные установки» была частично изменена конструкция модельной оснастки, по которой выполнена формовка и последующая заливка. Полученный результат показал эффективность проделанной работы. Это позволило снизить количество оборачиваемого металла (возврата).

Список литературы

1. Суслов, А.Г. Научные технологии в машиностроении / А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безязычный и др.; под общ. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, – 2012. - 528 с.

2. Марширов, И.В. Применение систем компьютерного моделирования литейных процессов при разработке технологии изготовления отливок / И.В. Марширов, Г.А. Мустафин, В.В. Марширов / Ползуновский альманах. - 2015. - Т. 2. - С. 101-104.

3. Малькова, Н.Ю. Конструкторское и технологическое проектирование отливки с использованием российских систем компьютерного моделирования / Н.Ю. Малькова, Е.А. Кошелева, И.В. Марширов / Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 120-122.

4. Марширов, В.В. Применение численного моделирования для прогнозирования структуры сплава отливки / В.В. Марширов, Л.Е. Марширова, И.В. Марширов // Литейное производство. - 2018. - № 8. – С. 28-33.

5. Марширов, В.В. Моделирование температурных полей при формировании биметаллических отливок / В.В. Марширов, И.В. Марширов // Литейное производство. - 2015. - № 8. – С. 33-35.

6. Марширов, В.В. Численное on-line моделирование процесса затвердевания отливок / В.В. Марширов, Л.Е. Марширова // Литейное производство. - 2015. - № 9. - С. 31 -34.

7. Малькова, Н.Ю. Разработка технологии изготовления отливок с использованием систем компьютерного моделирования / Н.Ю. Малькова, Е.А. Кошелева, И.В. Марширов, Ю.В. Исаева / Ползуновский альманах. - 2016. - № 4. - С. 77-80.

8. Кошелева, Е.А. Диагностика дефектов литья с помощью компьютерного моделирования / Е.А. Кошелева, Н.Ю. Малькова, И.В. Марширов, А.А. Иванайский / Ползуновский альманах. - 2016. - № 4. - С. 189-190.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПЛАЗМЫ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Л.Ю. Махоткина, Л.Р. Ханнанова-Фахрутдинова, Н.В. Тихонова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,

Аннотация. Рассмотрено воздействие высокочастотной плазмы пониженного давления в процессах модификации материалов технического назначения. Обоснована эффективность применения плазменных технологий. Приведены результаты обработки образцов материалов верха обуви в плазме пониженного давления.

Ключевые слова: *средства индивидуальной защиты, обувь специального назначения, наномодифицированная кожа, адгезионная прочность, высокочастотная плазма*

IMPROVEMENT OF TECHNICAL PURPOSE MATERIALS PERFORMANCE CHARACTERISTICS WITH THE RADIO FREQUENCY LOW PRESSURE PLASMA

L.Yu. Makhotkina, L.R. Khannanova – Fakhrutdinova, N.V. Tikhonova

Kazan National Research Technological University

Abstract. The impact of low pressure radio frequency plasma in the processes of materials for special purposes modification are considered. The efficiency of the plasma technology application is provided. The results of the materials for special purposes sample processing by a radio frequency low pressure plasma are described.

Keywords: *personal protective equipment, special purpose footwear, nanomodified leather, adhesion strength, radio frequency plasma*

С точки зрения ситуации, сложившейся на внешнеэкономическом уровне и эффективности работы любой отрасли хозяйства, перед отечественными производителями стоят большие задачи, связанные с возобновлением производства высококачественной продукции и непрерывного процесса совершенствования охраны труда [1]. Высокая производительность труда - это не только результат взаимодействия человека, природы и техники, но и результат правильно организованной трудовой деятельности.

Высокую физическую активность и работоспособность специалиста обеспечивает рационально подобранная экипировка. Предприятия разных категорий профессий обеспечивают своих специалистов средствами индивидуальной защиты (СИЗ), к которым относятся одежда и обувь специального назначения.

Одежда и спецобувь эксплуатируются в более жестких производственных условиях, чем бытовая, в связи с этим их конструкции и технологии имеют специфические особенности [2]. Любые СИЗ, независимо от целевого назначения, должны быть эргономичными, безвредными, безопасными, обеспечивать беспрепятственное нормальное функционирование организма человека в течение запланированного срока эксплуатации.

При изготовлении наружных деталей спецобуви чаще всего применяется юфтевая кожа хроморастворительного дубления или плотная хромовая кожа из шкур крупного рогатого скота (КРС) ГОСТ 3123-78 «Производство кожевенное. Термины и определения». Традиционно, кожи технического назначения используются для изготовления спецодежды и спецобуви для работников машиностроительных, энергетических, нефтегазовых, силовых структур и др. комплексов.

Рассматривая эксплуатационные и эргономические характеристики обуви, наиболее заметные изменения площади и объема верха обуви происходят во время ее эксплуатации, что объясняется интенсивным механическим воздействием на нее. Форма и размеры стопы изменяются в процессе работы, соответственно изменяется форма и размеры обуви. Так, при опоре на пучки стопа, изгибаясь в плюснефаланговом сочленении, расширяется в этом участке. При этом стопа изменяет положение и давит на детали верха обуви, которые растягиваются, а затем сокращаются. Многократные деформации способствуют износу деталей верха обуви [3]. При этом в носочно-пучковой части обуви появляются исчезающие складки, которые со временем приводят к дефектам поверхности покрытия или сквозным дырам на материалах верха. Кроме растяжений и изгибов, детали верха обуви подвергаются трению, ударам, проколам и другим воздействиям.

Качество изделия и потребительские характеристики материала верха обуви зависят от адгезионной прочности покрытия с кожей и от свойств самих покрывных композиций. К наиболее широко используемым методам защитно-декоративной отделки поверхности материала относятся водоразбавляемые полимерные пленкообразователи [4].

С целью выявления влияния потока высокочастотной плазмы на акриловую пленку, проведены исследования, при которых пленку без нанесения на кожу подвергали плазменной обработке.

Таблица 1

Прочность адгезии покрытия к естественной и шлифованной коже

Тип кожи	Увеличение адгезии в число раз, У	
	в сухом состоянии	в мокром состоянии
кожа естественной поверхности эмульсионным покрытием казеиновым покрытием	3,7	2,4
	1,5	1,3
кожа шлифованной поверхности с эмульсионным покрытием	4	3,2

Плазменное воздействие приводит к изменениям не только во взаимодействии пленки и кожи, но и к структурным изменениям в самой пленке. Согласно данным, приведенным в табл.1, адгезионная прочность покрывной пленки, после высокочастотной обработки материала увеличивается, особенно сильно в сухом состоянии. При этом предел прочности при растяжении пленки увеличился на 15–20%.

Для исследования закономерностей плазменного воздействия на покрывное крашение кож определяли механические показатели кожи, так как эксплуатационные свойства, являясь одними из основных свойств, характеризуют качество готовых кож и определяют их назначение [5]. Обработка плазмой приводит к увеличению большинства механических свойств кожи после нанесения эмульсионного покрытия (таблицы 2).

Таблица 2

Влияние плазменной обработки на эксплуатационные характеристики наномодифицированной кожи с эмульсионным покрытием:
а – шлифованная кожа, б – естественная кожа

Показатели	С ВЧ плазмой		Без ВЧ плазмы	
	а	б	а	б
Предел прочности при растяжении, МПа	17,0	18,4	14,7	15,2
Напряжение при появлении трещин лицевого слоя, МПа	16,2	17,7	13,9	14,5
Удлинение при напряжении 10 МПа, %	35	35	36	37
Устойчивость покрытия к многократному изгибу, баллы	4	4	3	3
Адгезия покрывной пленки, Н/м				
- к сухой коже	920	2433	230	656
- к мокрой коже	421	887	133	371
Устойчивость к истиранию, обороты	60	50	50	40

При воздействии высокочастотной плазмы на кожу предел прочности при растяжении увеличился на 10–20%, прочность лицевого слоя на 10–20%, устойчивость покрытия к многократному изгибу на 35%, устойчивость к истиранию на 20–25%.

В связи с тем, что свойства материалов находятся в непосредственной зависимости от их структуры, проведен анализ структурных изменений, происходящих под воздействием плазменной обработки.

Для определения морфологических изменений наномодифицированного материала, использовали методы рентгеноструктурного. Структурные изменения кожи с естественным лицом и шлифованной кожи с покрытием до и после плазменной обработки показаны на рис. 2.

На дифрактограммах кожи с естественным лицом (рис.1а,б), имеющиеся максимумы при 10-11А и 4-5А характеризуют наличие двух аморфных объектов, отличающихся по средним межатомным расстояниям. При этом если первый максимум при 10-11А свидетельствует о гомогенности этой фазы, то второй максимум при 4-5А вследствие своей сложной формы (наличие «ступеней») указывает на ее гетерогенность. Обе фазы по своей природе являются органическими. Различаются они по величинам межатомных расстояний [6].

На дифрактограммах шлифованной кожи с покрытием (рис.1в,г) видно, что аморфная фаза присутствует как на обработанном, так и не обработанном образце кожи с покрытием, однако кристаллическая фаза обнаружена лишь в

обработанном образце. Аморфная фаза исходного образца также определяется по наличию двух широких дифракционных максимумов с $d=11,5-10,5 \text{ \AA}$ и $4,7-4,5 \text{ \AA}$. На дифрактограмме опытного образца, по сравнению с контрольным степень структурного совершенства аморфной фазы больше. Об этом свидетельствует появление дополнительных слабо заметных широких максимумов в области $5,7-5,6 \text{ \AA}$ и $3,8-3,7 \text{ \AA}$.

Кристаллическая составляющая обработанного образца шлифованной кожи определяется по наличию узкого дифракционного максимума с $d=3,324 \text{ \AA}$. Уменьшение полуширины дифракционного максимума свидетельствует о повышении степени кристалличности аморфной составляющей опытного образца.

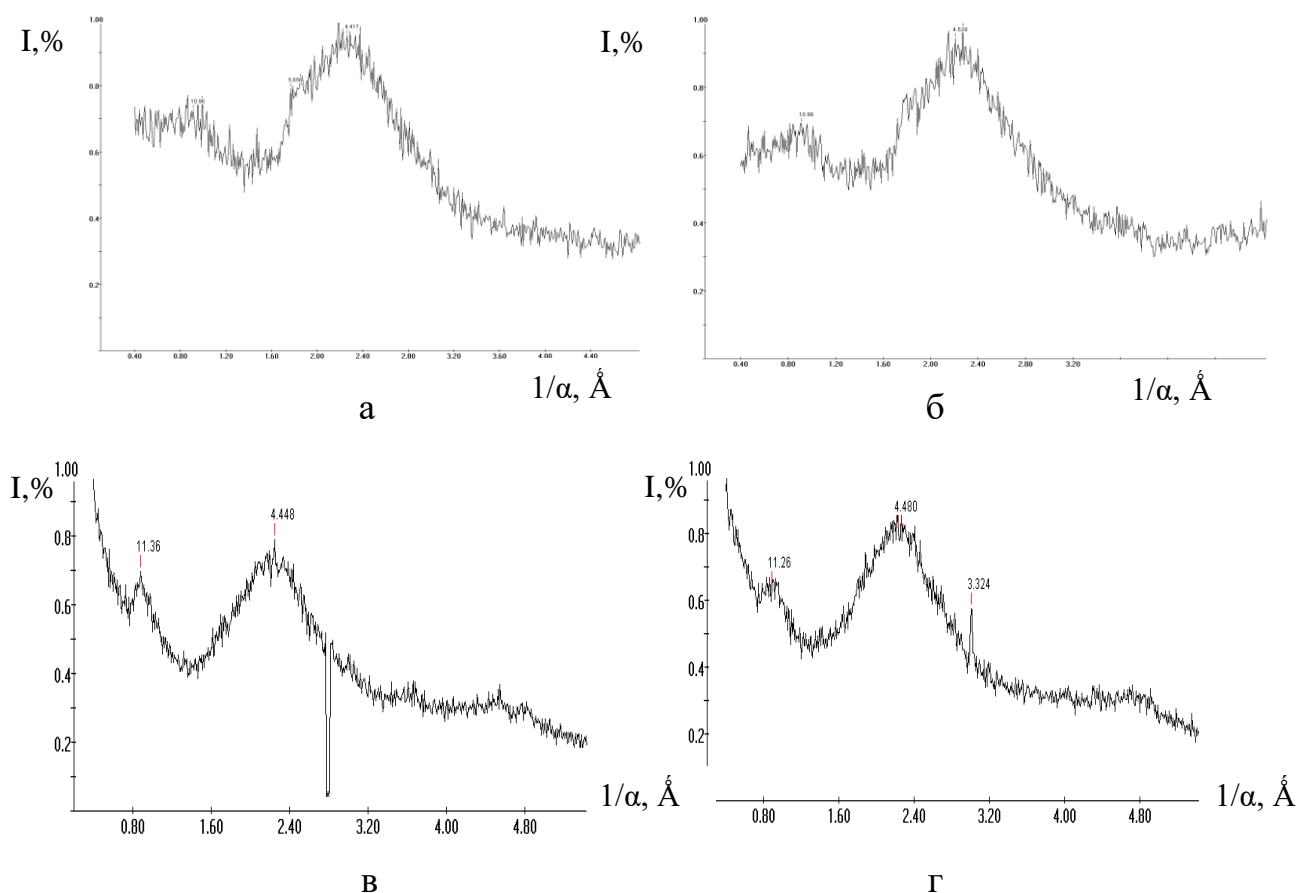


Рис. 1. Дифракционные кривые кожи с естественным лицом до (а) и после плазменной обработки (б) и шлифованной кожи с покрытием до (в) и после плазменной обработки (г)

Анализ дифракционных картин шлифованной кожи позволяет заключить, что плазменная обработка увеличивает степень окристаллизованности аморфной фазы, по отношению к необработанному образцу.

Результаты исследований показывают, что высокочастотная плазменная обработка позволяет увеличить адгезию покрывной пленки к наномодифицированной коже для верха материала и повышает устойчивость к истиранию и к многократному изгибу, которые определяют способность

материалов сохранять свои эксплуатационные свойства и характеризуют более длительную сохранность формы специальной обуви в процессе носки.

Список литературы

1. Формирование задач и содержание дизайн-проектов кожгалантерейных изделий из полимерных материалов *Бекк Н.В., Белова Л.А., Махоткина Л.Ю.* Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 15. С. 255-258.

2. Влияние факторов окружающей среды на материалы лёгкой промышленности. Монография *Жихарев А.П., Фукина О.В., Абдуллин И.Ш., Махоткина Л.Ю.* Казань, 2011.

3. Регулирование формовочной способности комплексных материалов обувной промышленности с применением неравновесной низкотемпературной плазмы *Махоткина Л.Ю.* Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Казань, 2006

4. Махоткина Л.Ю. / Анализ факторов, влияющих на деформационные свойства верха обуви специального назначения // Махоткина Л.Ю., Христолюбова В.И., Кожевенно-обувная промышленность. 2014. № 4. С. 23-25.

5. Махоткина Л.Ю. / Повышение деформационной способности натуральных высокомолекулярных материалов при высокочастотной плазменной обработке // Махоткина Л.Ю., Христолюбова В.И., Физика и химия обработки материалов. 2015. № 4. С. 35-38.

6. Sirazijeva, L.F. / Dispersing agents for emulsion-type coating compositions (review) // Sirazijeva, L.F., Stepin, S.N., Makhotkina, L.Yu., Lakokrasochnye Materialy i Ikh Primenenie, 2004.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОПАРТИКУЛЯЦИИ ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ

Е.И. Мельникова, Е.Б. Станиславская

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Аннотация. Проведены опытно-промышленные испытания по микропартикуляции творожной сыворотки. Получение микропартикулята предусматривает нагрев ультрафильтрационного концентрата до температуры денатурации сывороточных белков. Для повышения эффективности перехода молекул сывороточных белков в патиккулы необходимо обеспечить высокое значение степени денатурации, а для формирования сферических частиц микропартикулята из скоплений денатурированных сывороточных белков необходимо проведение механической обработки. Для прогнозирования показателей качества и направлений использования микропартикулятов сывороточных белков в зависимости от исходных технологических параметров было проведено математическое моделирование процесса с помощью нейросетевой аппроксимации.

Ключевые слова: *творожная сыворотка, микропартикуляция.*

FEATURES MICROPARTICULATION OF QUARK WHEY

E.I. Melnikova, E.B. Stanislavskaja

Abstract. Conducted pilot tests on the microparticle quark whey. The preparation of microparticulum involves the heating of the ultrafiltration concentrate to the denaturation temperature of whey proteins. To increase the efficiency of the transition of whey protein molecules into the particula, it is necessary to ensure a high value of the degree of denaturation, and for the formation of spherical microparticle particles from clusters of denatured whey proteins, mechanical processing is necessary. To predict the quality indicators and directions for the use of microparticulates of whey proteins, depending on the initial technological parameters, a mathematical modeling of the process was carried out using neural network approximation.

Keywords: *quark whey, microparticulation.*

Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации, опирающейся на эффективное импортозамещение на рынке пищевой продукции, возможно достигнуть путем рационального использования сырья, внедрения инновационных ресурсосберегающих технологий. К перспективному сырьевому источнику пищевой промышленности относится молочная сыворотка. Ее ресурсный потенциал ежегодно превышает 6,5 млн. т, а уровень промышленной переработки составляет не более 45 %. Основной ассортимент продуктов, вырабатываемых на основе молочной сыворотки, специфичен и ограничен, что обусловлено особенностями ее состава, органолептических свойств и физико-химических показателей [1]. Это не позволяет повысить долю сыворотки, направляемой на промышленную переработку. На наш взгляд, технологии глубокой модификации с получением отдельных ингредиентов позволят решить проблему дефицита сырья и импортозамещения на рынке молочной продукции [2].

Известны способы модификации молочной сыворотки, позволяющие максимально приблизить белковую глобулу к размеру и форме жирового шарика. При этом формируется пищевая композиция с уникальными свойствами, имитирующими флейвор молочного жира – микропартикулят сывороточных белков [3].

Нами проведены опытно-промышленные испытания по микропартикуляции творожной сыворотки в условиях ПАО Молочный комбинат «Воронежский». Получение микропартикулята предусматривает нагрев ультрафильтрационного концентрата до температуры денатурации сывороточных белков [4]. При разупорядочивании белковых молекул наблюдается повышение реактивности сульфгидрильных групп цистеина, фенольных — тирозина, гуанидиновых — аргинина, ϵ -аминогрупп — лизина. Лактоза, входящая в состав УФ-концентрата, вступает в реакцию с ϵ -аминогруппами лизина, катализируя первую, индуцирующую стадию реакции Майяра. Развертывание структуры белковых молекул при нагреве сопровождается усилением их склонности к агрегации и образованием новых связей друг с другом. Белки собираются в компактные агрегаты [5].

Для повышения эффективности перехода молекул сывороточных белков в патикулы необходимо обеспечить высокое значение степени денатурации, а для формирования сферических частиц микропартикулята из скоплений

денатурированных сывороточных белков необходимо проведение механической обработки. Изменяя ее интенсивность можно регулировать размер частиц микропартикулята, так как он оказывает существенное влияние на вязкость продукта, его консистенцию и возможность применения в технологии различных ассортиментных групп продуктов (таблица 1).

Таблица 1

Рациональные значения размера частиц микропартикулята для разных ассортиментных групп продуктов

Наименование молочных продуктов	Рациональный диаметр частиц микропартикулята, мкм
Кисломолочные напитки, сметана	1 – 1,5
Творог, сыр	1 – 10
Мороженое	1 – 2
Другие продукты	0,5 – 10

Для предупреждения самопроизвольной агрегации белковых частиц в условиях низкого значения активной кислотности и образования преципитата, при микропартикуляции УФ-концентрата творожной сыворотки тепловое и механическое воздействие необходимо проводить одновременно. Такую схему получения микропартикулята реализовали в условиях пилотного цеха фирмы Kieselmann [6]. Особенностью конструкции установки микропартикуляции EcoProt+ является мгновенный нагрев концентрата путем инъекции пара и одновременное диспергирование образовавшихся белковых агрегатов.

Для прогнозирования показателей качества и направлений использования микропартикулятов сывороточных белков в зависимости от исходных технологических параметров было проведено математическое моделирование процесса с помощью нейросетевой аппроксимации. В результате последовательного обучения и тестирования наиболее удачным вариантом была признана архитектура нейронной сети, содержащая 1 скрытый слой с 5 нейронами (рисунок 1).

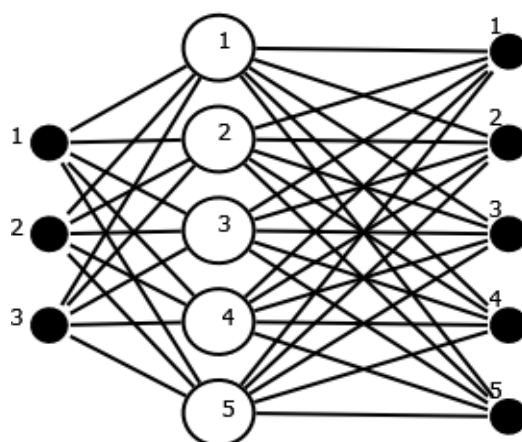


Рисунок 1 – Полученная архитектура нейронной сети

Полученная архитектура нейронной сети и значения весовых коэффициентов составили математическую модель, с применением которой разработан программный продукт для оптимизации микропартикуляции творожной сыворотки и прогнозирования качества микропартикулятов сывороточных белков для различных ассортиментных групп продуктов.

Модификация творожной сыворотки с применением современных методов ультрафильтрации и микропартикуляции открывает новые возможности для эффективной реализации побочного продукта молочной отрасли в пищевой промышленности.

Список литературы

1. Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки [Текст] / А. Г. Храмцов. – СПб.: Профессия, 2011. – 900 с.
2. Евдокимов, И.А. Перспективы и особенности организации переработки сыворотки за рубежом и в России [Текст] / И.А. Евдокимов и др. // Переработка молока. – 2011. – № 8. – С.31 – 32.
3. Мельникова, Е. И. Имитатор молочного жира для синбиотических продуктов [Текст] / Е. И. Мельникова, Е. Б. Станиславская, Н. А. Подгорный // Молочная промышленность. – 2010. – № 7. – С. 55 – 56.
4. Мельникова, Е. И. Микропартикуляция творожной сыворотки [Текст] / Е. И. Мельникова и др. // Молочная промышленность. – 2015. – № 9. – С. 42-43.
5. Тёпел, А. Химия и физика молока [Текст] / А. Тёпел. – СПб.: Профессия, 2012. – 824 с.
6. Баранов, С. Новое поколение установок микропартикуляции [Текст] / С. Баранов // Молочная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 22-23.

РЕНИЙ – МЕТАЛЛ БУДУЩЕГО

А.А. Мишина

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аннотация. В статье описываются свойства и характеристики одного из самых дорогих металлов в мире – рения; а также описываются области его применения, основные запасы. Кроме того, описывается самое крупное российское месторождение рения на острове Итуруп и способ добычи рения из газов, выделяющихся вблизи кратера вулкана Кудрявый.

Ключевые слова: рений, свойства рения, добыча рения, металл, применение.

RHENIUM IS A METAL OF THE FUTURE

A.A. Mishina

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Abstract. In article properties and characteristics of one of the most expensive metals in the world – rhenium are described; and also the fields of its application, the main stocks are described. Besides, the most large-scale Russian deposit of rhenium on the island of Iturup and a way of extraction of rhenium from the gases which are emitted near a volcano crater Curly is described.

Keywords: *rhenium, properties of rhenium, extraction of rhenium, metal, application.*

Рений – это химический элемент, занимающий ячейку под номером 75 в периодической таблице Д.И. Менделеева. Название вещества произошло от реки Рейн в Германии. Впервые найден он был в 1925 году, однако первая значительная партия материала была получена в 1928 г. Этот элемент относится к последнему аналогу со стабильным изотопом. Сам по себе рений – металл с белым оттенком, а порошковая его масса имеет черный цвет. Температуры плавления и кипения составляют +3186 и +5596 градусов Цельсия соответственно.

Основная область применения этого элемента – производство жароустойчивых сплавов с различными металлами, которые используются в строении ракет и авиационной промышленности. Как правило, рений используют для выпуска запасных частей для сверхзвуковых истребителей. Такие составы включают в себя не менее 6 % металла. Этот металл быстро превратился в основное средство для создания реактивных силовых агрегатов. При этом материал стал считаться военно-стратегическим запасом. Специально предусмотренные термические пары позволяют измерять температуры в огромных диапазонах. Рассматриваемый элемент дает возможность продлить большинству агрегируемых металлов их срок службы. Из рения также изготавливаются пружины для точной аппаратуры, платиновых металлов, спектрометров, манометров. За счет его устойчивости к химическим воздействиям, этот металл включают в состав защитных покрытий против кислотной и щелочной среды [1]. На сегодняшний день рений считается одним из самых тугоплавких металлов. Использование сплавов с примесью рения позволило сделать большой шаг в развитии космического оборудования и не только.

Применение рения охватывает лишь небольшой промышленный сектор страны, так как этот металл обладает не только исключительными параметрами, но и высокой стоимостью. На сегодняшний день его цена колеблется от 1000 до 10000 долларов за кг на международном рынке. Точная стоимость зависит от чистоты металла.

Залежи рения разбросаны по всему миру и количество этого металла в этих залежах ничтожно мало. В природе он чаще всего встречается в сочетании с вольфрамом и молибденом. Преимущественно добыча рения ведется из молибденовых залежей путем попутного извлечения [2]. Однако, стоит ли говорить о добыче металла в большом количестве при таком подходе? Такая позиция в корне не верна. Ведь на территории России находится одно из самых крупных месторождений рения.

В 1992 г. было обнаружено, что вулкан Кудрявый на о. Итуруп (Курильские о-ва) проявляет высокотемпературную ($T_{max} = 910 \text{ } ^\circ\text{C}$) газовую активность. Отсутствие извержения в последние 50–100 лет позволило предположить стационарный характер газовой выделенности. На вершине вулкана, в местах выхода газа, был найден новый минерал – рениит, оказавшийся

сульфидом рения (содержание Re \leq 80 %), хотя внешне он напоминал обычный молибденит. Этот минерал образуется на «горячих» полях, на которых выходящие вулканические газы имеют $T_{\text{газ}} > 600$ °С и характеризуются значительными концентрациями Re (1,5–5,1 г/т). Появилась возможность получать рений в количествах ~ 20 т/год. По данным опроса российских потребителей, к 2005 г. потребность России в этом стратегическом металле составит ~ 10 т/год. В 2000 г. специалисты из Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Министерства природных ресурсов и РАН начали воплощать идею уникального эксперимента – создания и постройки установки для улавливания рения и других редких металлов непосредственно из газов вулкана Кудрявый. Собранный с горячего фумарольного поля газ направлялся в аппарат, заполненный 100 кг цеолита, из которого после соответствующей обработки извлекался рений, а из газовых выбросов, почти полностью, – висмут, индий, германий, серебро, золото, а также селен [3].

В период с 10 июня по 10 октября сотрудниками ООО «НПК «Интеграл» была проведена экспедиция в вышеописанной области. Команда из N человек была высажена на остров Итуруп для проведения разведки и добычи металла рения. С помощью одной установки было добыто около 150 кг руды и перевезено в лабораторию для извлечения чистого металла. Выяснено, что вышеописанная технология добычи рения является весьма затратным процессом, так как пребывание большой экспедиции на необжитом острове, добыча и транспортировка руды требует больших вложений. Поэтому сейчас стоит вопрос о рентабельности проекта.

Список литературы

1. Рений: применение и свойства. - URL: <http://fb.ru/article/353037/relij-primenenie-i-svoystva> (Дата обращения: 28.09.18).
2. Рений. Свойства рения. Применение рения. - URL: <https://tvoiuvelirr.ru/relij-svoystva-reliya-primenenie-reliya/> (Дата обращения: 09.10.18).
3. М.А. Ряшенцева. Рений и его использование в катализе//Катализ в промышленности. – 2005. - №3. - С.11-22.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛАСТИЧНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ДЛЯ ДЕНТА-МОДЕЛЕЙ

Т.В. Мустафина, Г.А. Мустафин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. Сделан анализ эластичных материалов, сформированы требования к ним, на основе этих требований выбран наиболее подходящий материал, такой как формовочная резина Castaldo® Quick Sil®. Разработана технология пластмассовых изделий с использованием формовки по фальшивой полуформе.

Ключевые слова: *формовочная резина, усадка, вулканизация, дента-модель, эластичная форма, фантомные зубы, стоматологический фантом, мастер-модель.*

DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF ELASTIC MOLDS FOR DENTA-MODELS

T.V. Mustafina, G.A. Mustafin

Polzunov Altai State Technical University

Abstract. The analysis of elastic materials is made, the requirements to them are formed, the most suitable material, such as molding rubber Castaldo® Quick Sil® is chosen on the basis of these requirements. The technology of plastic products with the use of forming on a false half-form is developed.

Keywords: *molding rubber, shrinkage, vulcanization, denta model, elastic mold, silicon rubber, phantom teeth, dental phantom, master-model.*

Дента-модель (стоматологический фантом)– это модель верхней и нижней челюстей, анатомически соответствующая зубочелюстному аппарату взрослого человека (рис.1.). Денто-модель относится к медицинским тренажерам и предназначена для повышения эффективности подготовки студентов, ординаторов и практикующих врачей при прохождении сертификации и аккредитации. Изготовление денто-моделей, моделей зубов (фантомных зубов) и других тренажеров в АлтГТУ связано с совместной научно-технической работой нашего вуза с медицинским университетом [1].



Рис. 1. Дента-модель

Эластичная (резиновая) форма может использоваться многократно. Её можно использовать в том случае, если есть необходимость сделать копию с какого-либо объекта для дальнейшей ее доработки.

При выборе материалов для изготовления резиновой формы необходимо учесть следующее:

1) вид изделия, которое необходимо скопировать (размеры, степень сложности поверхности, наличие сложного рельефа и т.д.);

2) вид материала, из которого изготовлен прототип или мастер модель, подлежащая формованию (механическая прочность, химическая инертность,

чистота поверхности, устойчивость к температурам и давлению формования, необходимость сохранения прототипа после формования);

3) геометрический тип изделия (плоское, объемное);

4) легкость разрезания заформованного блока;

5) планируемый тираж продукции с одной резиновой формы.

Формовочные резины могут быть в виде достаточно упругих листов или блоков, в пастообразном виде (похожем по консистенции на модельную глину), в жидком виде с различной степенью вязкости [2]. Длительность полимеризации находится в диапазоне от 15 мин до нескольких суток. Температура полимеризации данных материалов тоже разнообразна, от холоднотвердеющих до вулканизируемых при температуре до 155°C.

На основе анализа свойств материалов эластичной литейной формы для дента-моделей была выбрана двухкомпонентная формовочная резина Castaldo® Quick Sil® так как она обладает нулевой усадкой, что позволило использовать в качестве мастер-модели готовый комплект дента-моделей, обеспечив точную передачу геометрии от прототипа к изделию; обеспечивает быстрое (15 мин в независимости от габаритных размеров изготавливаемой формы) получение прочных долговечных форм. При литье пластикового основания дента-модели важной особенностью является одновременный захват 32 выступающих элементов эластичной формы, формирующих ложе для установки зубов и, соответственно, высокие требования по прочности на разрыв к материалу формы. Основная причина выхода из строя эластичных форм – это разрывы тонких стенок и отрыв выступов при извлечении изделия. Требованиям по прочности также удовлетворяют листовые вулканизируемые резины, но их применение в данном случае ограничено материалом мастер-модели (пластик), что требует применение резин с температурой запекания до 78°C. Вулканизация выбранной резины происходит при комнатной температуре, что позволяет использовать неметаллические модели и формообразующие прессформы.

К медицинским тренажерам предъявляются высокие требования по безопасности. Эта резина безопасна и нетоксична, не выделяет неприятных испарений и запахов, не содержит вредных примесей, безопасна в применении. Кроме того, проста в использовании, дает глянцевый отпечаток.

Дента-модель представляет собой копию зубных рядов верхней и нижней челюсти на пластиковом основании и состоит из нескольких элементов: двух пластиковых оснований, комплекта искусственных зубов, полностью повторяющих анатомию настоящих резцов, клыков, премоляров и моляров человека и комплекта крепежей для фиксации зубов на основании и соединения оснований между собой.

Эластичные формы были изготовлены для двух пластиковых оснований и комплекта искусственных зубов.

Как указано выше, для формовки в качестве мастер-модели использовался готовый комплект дента-моделей. Для обеспечения равномерности, высокой плотности готовой формы и экономичного расхода формовочной резины была изготовлена формовочная рамка соответствующих мастер-моделям размеров.

Материал искусственных зубов должен по жесткости имитировать свойства костной ткани (не плавиться и не накручиваться при обработке борами), чтобы условия обучения были максимально приближены к реальным. Разработанный в АлтГТУ состав, удовлетворяющий этим требованиям, обладает высокой вязкостью, он практически не течет по каналам и полостям формы, поэтому форма изготавливалась без элементов литниковой системы и предусматривала последующую штамповку изделий.

Обычно эластичные формы для художественного литья получают в виде неразъемного блока, который затем разрезают, но в этом случае может получиться разъем, затрудняющий извлечение готового изделия. Если требуется сложная поверхность разъема, как в случае с пластиковым основанием, то легче изготовить отдельные полуформы, применив формовочный прием с использованием «фальшивой» полуформы из пластилина. Этот же прием формовки использовался и для изготовления эластичных форм для искусственных зубов. Конструкция и механические свойства эластичных форм должны позволить операцию штамповки из высоковязких составов.

Материалом «фальшивой» полуформы служил скульптурный пластилин. Модели зубов были вдавлены до совмещения своей оси симметрии с поверхностью пластилина, которым рамка была заполнена до половины своей высоты (рис. 2.1), а модель основания дента-модели была заформована в пластилин до уровня ее внешнего контура (рис. 2.2). На этом этапе также важно позаботиться о центрирующих элементах формы. С этой целью на свободной от моделей поверхности разъема либо выполняются углубления, либо устанавливаются модели центрирующих элементов.

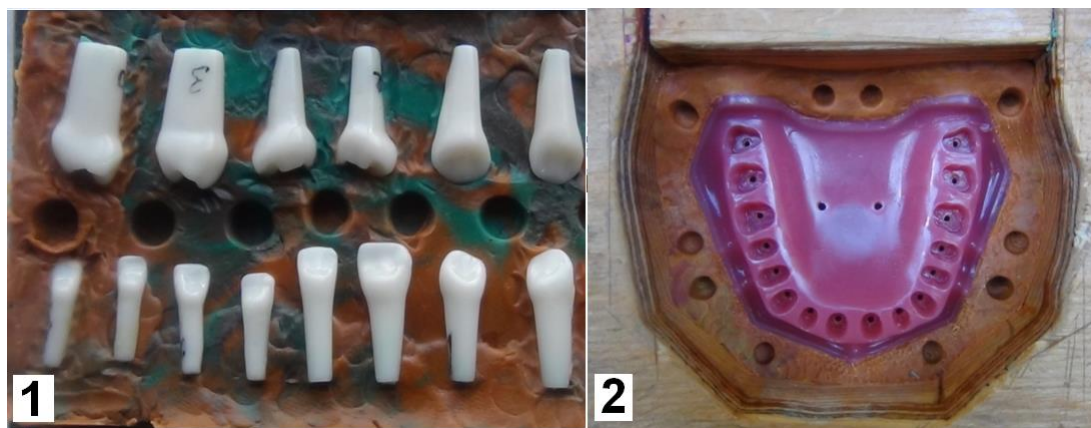


Рис. 2. Фальшивые полуформы

После взвешивания компонентов формовочной резины и их смешивания до однородного цвета, готовая масса укладывалась на «фальшивую» полуформу, заполняя свободный объем рамки. Установив пуансон, повторяющий внутренний контур рамки, она помещалась между плитами вулканизатора, нагретыми до 25°C для обеспечения оптимальной скорости

отверждения резины. Мерой давления прессования служила высота погружения пуансона в рамку (рис. 3.)



Рис. 3. Пресс-вулканизатор

После выдержки (10-20 мин в зависимости от температуры в помещении) готовая эластичная полуформа извлекалась из рамки и оценивалось ее качество. (рис. 4.1) Наиболее частый брак, несвязанный с нарушением рекомендаций по работе с резиной – это воздушные раковины внутри и на поверхности резиновой формы. Этого брака легко избежать, укладывая резиновую массу отдельными порциями в проблемные места (пазы, углубления модели).

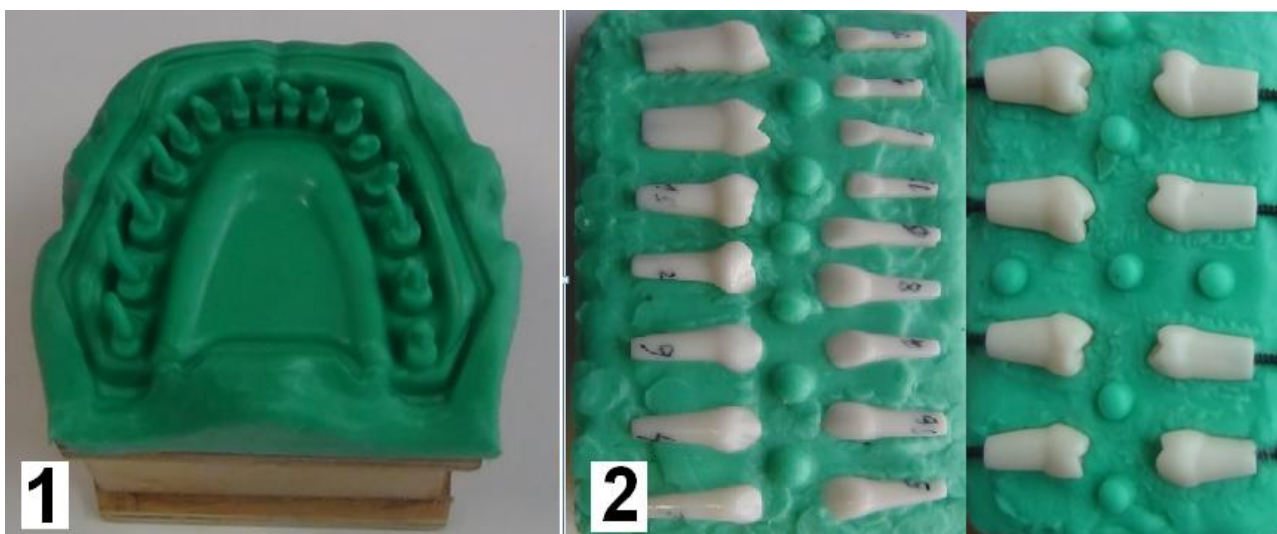


Рис. 4. Эластичные полуформы, полученные по «фальшивым»: 1 – верхняя полуформа для пластикового основания, 2 – полуформы для зубов

На следующем этапе полученная эластичная полуформа вновь помещалась в рамку, модели устанавливались по своим местам (рис. 5.) и наносился разделительный слой, во избежание слипания полуформ. Прилипание материала формы к модели не происходит, так как силиконовые резины обладают малой адгезией к другим материалам.



Рис. 5. Подготовка к формовке нижней полуформы

Дальнейшие операции формовки нижней полуформы аналогичны операциям изготовления верхней полуформы



Рис. 6. Эластичная форма для получения искусственных зубов



Рис. 7. Эластичная форма для литья пластикового основания дента-модели

Разработанная технология позволила изготовить высокоточные и долговечные формы, позволяющие получать изделия с минимальной механической обработкой.

Список литературы

1. Мустафина Т.В., Мустафин Г.А. Анализ материалов для изготовления дента-моделей// Горизонты образования, Выпуск 20, XV Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь» 2018 <http://edu.secna.ru/publication/5/release/177/attachment/40/>
2. Мустафина Т.В., Мустафин Г.А. Анализ материалов для изготовления эластичных форм для дента-моделей // Горизонты образования, Выпуск 20, XV Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь» 2018 <http://edu.secna.ru/publication/5/release/177/attachment/40/>

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ IP-АТС

Н.И. Мясин, Л.А. Вертаков, М.А. Попов

Академия ФСО России

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения различных реализаций современных IP-АТС, таких как аппаратные, программные и виртуальные, способы их реализации. Проведен анализ достоинств и недостатков каждого из данных типов телефонных станций, возможностей и целесообразности применения в зависимости от различных факторов.

Ключевые слова: *автоматическая телефонная станция, сети следующего поколения, коммутация каналов, коммутация пакетов, IP-телефония, IP-АТС.*

ANALYSIS OF VARIOUS IMPLEMENTATIONS OF IP-PBX

N.I. Myasin, L.A. Vertakov, M.A. Popov

Academy of FSS of Russia

Abstract. The articles deals with their use of hardware, software and virtual IP-PBX, ways of their implementation, advantages and disadvantages of each of these types of telephone exchanges. The analysis of basic and additional services, as well as distinctive features of services provided by IP-PBX.

Keywords: *automatic telephone exchange, next generation network, channel switching, packet switching, IP-telephony, IP-PBX.*

За последнее десятилетие на рынке телекоммуникационных услуг наблюдается интенсивный рост спроса на услуги доступа к ресурсам сети Интернет. Сеть Интернет реализует технологию коммутации пакетов, используя стек протоколов TCP/IP. Благодаря гибкости маршрутизации, эффективному использованию ресурсов пропускной способности, возможность поддержки передачи различного вида трафика технология коммутации пакетов (КП) постепенно вытесняет «традиционную» технологию коммутации каналов (КК), характерную для телефонных сетей связи.

Однако, в народно-хозяйственном секторе (учреждениях и предприятиях) кроме новых видов услуг электронного документооборота по-прежнему большую долю трафика составляют телефонные переговоры. В настоящее время на сетях телефонной связи общего пользования (ТфССОП) большую часть оборудования составляют цифровые автоматические телефонные станции (ЦАТС) имеющие коммутационные поля, работающие в режиме временного мультиплексирования (Time Division Multiplexing). Сочетание этого типа оборудования и технологий коммутации пакетов вызывает определенные эксплуатационные сложности. В частности, для сопряжения ЦАТС и сети с коммутацией пакетов необходимо шлюзовое оборудование, которое обеспечивает преобразование трафика из технологии с коммутацией каналов в вид, необходимый для передачи по сетям с коммутацией пакетов. На рисунке 1 показан вариант подключения районной городской АТС (ГАТС) к сети с коммутацией пакетов при помощи шлюза.

Кроме того отметить, что преобразование основного цифрового канала со скоростью 64 кбит/с в вид, требуемый для передачи по сети с коммутацией пакетов, требует пропускной способности не 64 кбит/с, а 84 кбит/с за счет добавления служебной информации в заголовок каждого пакета сообщения [1]. Очевидно, что это потребует переоценки требуемой пропускной способности канала связи, а также оценки требуемой производительности шлюзового оборудования.

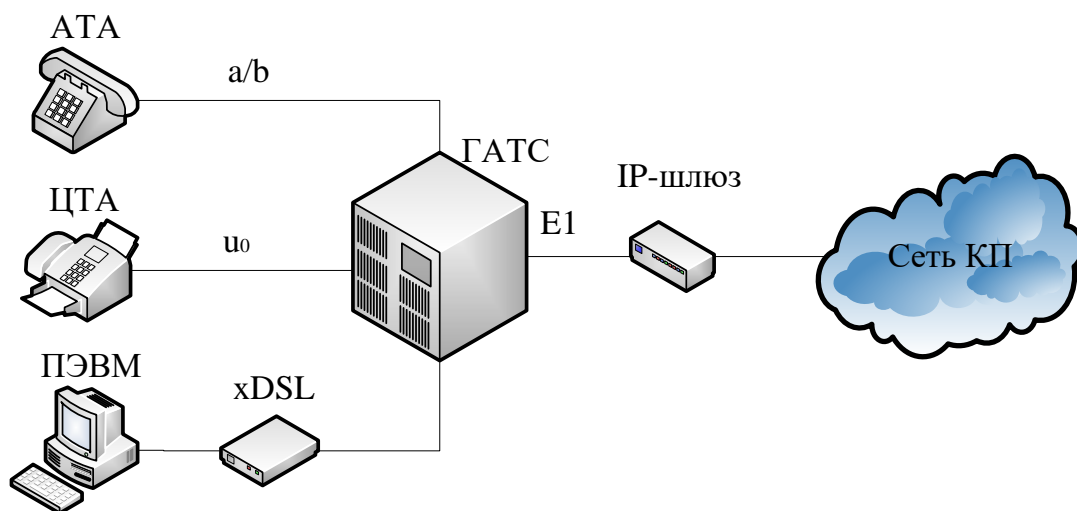


Рис. 1. Вариант подключения районной ГАТС к сети с коммутацией пакетов

Решение данной проблемы возможно за счет применения оборудования, которое способно работать как в сетях с КП, так и в традиционных сетях с КК.

В настоящее время на рынке телекоммуникационного оборудования широкой популярностью пользуются IP-АТС – автоматические телефонные станции на основе межсетевого протокола IP. IP-АТС обладают фактически тем же функционалом, что и традиционные ЦАТС, однако работают с IP-трафиком.

Анализ телекоммуникационного оборудования данного сегмента рынка, показал, что в настоящее время существуют три вида IP-АТС: аппаратные, программные и виртуальные [2]. Каждая реализация имеет свои достоинства и недостатки, обуславливающие вариативность их применения.

Аппаратные IP-АТС представляют собой специализированное оборудование с предустановленным программным обеспечением (ПО). Как правило, такие АТС обладают более высокопроизводительными микропроцессорами и быстродействующими запоминающими устройствами, чем обычные ЦАТС.

Использование аппаратных IP-АТС имеет ряд достоинств [2, 3]:

- надежность и функционал традиционной ЦАТС, который останется, в случае отказа IP-сети;
- использование различного вида терминального оборудования: аналоговых, цифровых, а также IP-телефонов;
- локальная коммутация голосового трафика;

- более удобное администрирование благодаря непосредственному доступу к IP-АТС и детально прописанному производителем регламенту восстановления и развертывания;

- независимость от конкретного оператора/интернет-провайдера.

В качестве недостатков таких IP-АТС можно отметить:

- низкая масштабируемость;

- высокие требования к уровню подготовленности технического персонала.

В настоящий момент производители, как правило, выпускают линейку IP-АТС малой, средней и большой емкости, что предполагает их использование в качестве офисных АТС, учрежденческо-производственных АТС (УПАТС) или на сети телефонной связи общего пользования. Одними из крупнейших производителей в данном сегменте рынка телекоммуникация являются AddPac, Alcatel, Avaya, Cisco, Nortel, Panasonic. Применение аппаратных IP-АТС целесообразно в офисах/предприятиях, где используется достаточно большое количество аналоговых телефонов или требуется в основном надежное обеспечение услуг именно телефонной связи.

Программные IP-АТС представляют собой достаточно мощный персональный компьютер (сервер), на который устанавливается специализированное ПО: например 3cx, AsteriskNow, FreePBX, Elastix, представляющие собой Linux-дистрибутивы. При этом само ПО IP-АТС может устанавливаться на различные операционные системы, в том числе и на Windows, к которой привыкло большое количество пользователей ПЭВМ. Так же данное ПО поддерживает возможность работы в виртуальных приложениях: VMware, XEN, KVM, VirtualBox и др. При использовании специализированных PCI-модулей можно подключать данные IP-АТС к уже имеющейся инфраструктуре с использованием базового (BRA – Basic Rate Access, 64 кбит/с) и первичного (PRA – Primary Rate Access, 2048 кбит/с) доступа. Организация программной IP-АТС выглядит следующим образом – на серверную ПЭВМ устанавливают серверную часть ПО IP-АТС, а на ПЭВМ сотрудников, связанных друг с другом при помощи локальной вычислительной сети (ЛВС), устанавливают клиентскую часть ПО (рис.2).

Использование программных IP-АТС имеет в основном экономические преимущества и эффективно при организации инфокоммуникационной инфраструктуры какого-то офиса/учреждения [3]:

- существенная экономия денежных средств достигается, за счет отсутствия затрат на приобретение офисной АТС, прокладку отдельного телефонного кабеля (в качестве направляющей среды используется кабель ЛВС), терминальное оборудование (достаточно приобрести микротелефонную гарнитуру). Если оснастить рабочие места персонала web-камерами, то можно реализовывать не просто телефонную связь, а видео-звонки и видеоконференции;

- практически 100% охват численности работников учреждения в плане предоставления инфокоммуникационных услуг (так как ПЭВМ имеется практически на каждом рабочем месте сотрудников офиса), в то время как обычный телефонный аппарат устанавливается один на 4-5 сотрудников;

- возможность организации не только телефонной связи, но и обмена сообщениями, файлами, организации видеосвязи;
- если ЛВС учреждения/офиса имеет выход в сеть Интернет, то возможна реализация междугородних и международных телефонных разговоров по стоимости, которая уже включена в тариф Интернет-провайдера.

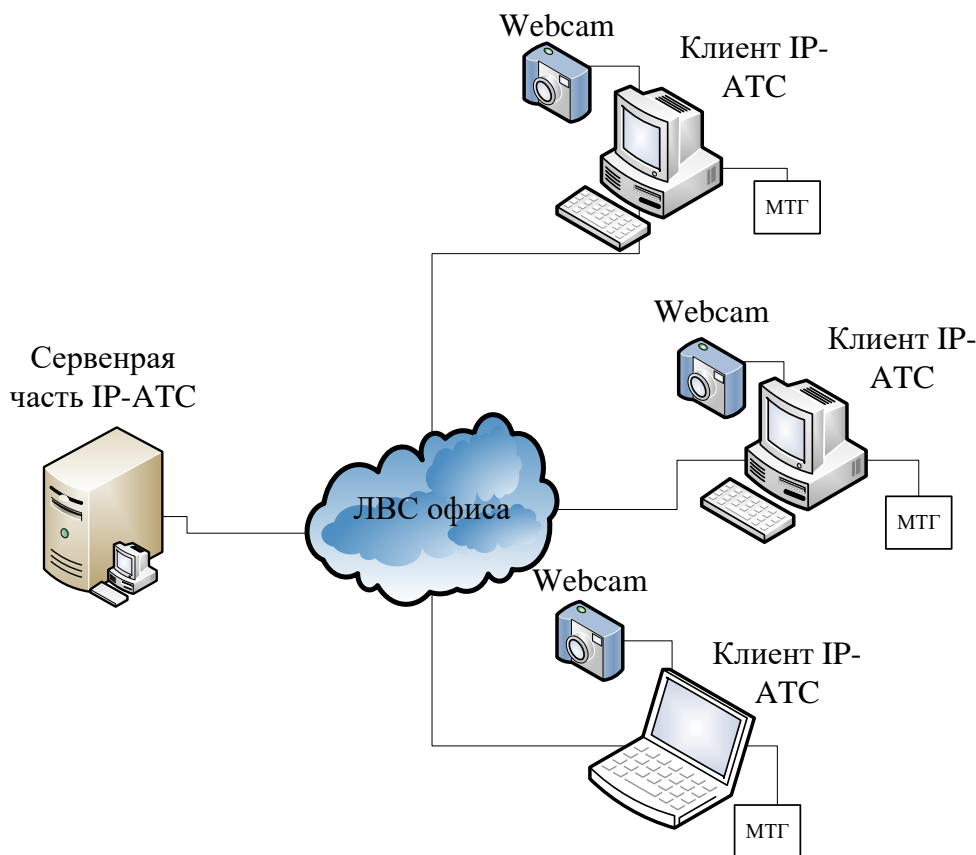


Рис.2. Вариант организации программной IP-АТС

Однако программная реализация IP-АТС имеет ряд существенных недостатков:

- относительно слабая производительность программных IP-АТС – увеличение количества абонентов значительно «нагружает» компьютер, играющий роль IP-АТС;
- непосредственная зависимость от настройки локальных сетей офиса – если произошел сбой в сети, то телефонной связи также не будет [3].

Виртуальная IP-АТС – это услуга операторов телефонной связи или Интернет-провайдеров по организации корпоративной телефонии за счет применения ресурсов сети Интернет и оборудования IP-телефонии в офисе клиента и выделенной программной IP-АТС (либо реализации услуг коммутации на гибком коммутаторе или аппаратной IP-АТС). По сути, виртуальные IP-АТС это дальнейший шаг, заключающийся в консолидации надежности аппаратных и гибкости программных IP-АТС. В настоящее время для реализации виртуальных IP-АТС используются облачные технологии. На рисунке 3 показан вариант телефонизации двух офисов, имеющих разнородное

терминальное оборудование. При этом каждый офис будет иметь свою систему телефонной нумерации, и различные услуги (например, офису № 2 требуются услуги выхода ПЭВМ ЛВС в сеть Интернет).

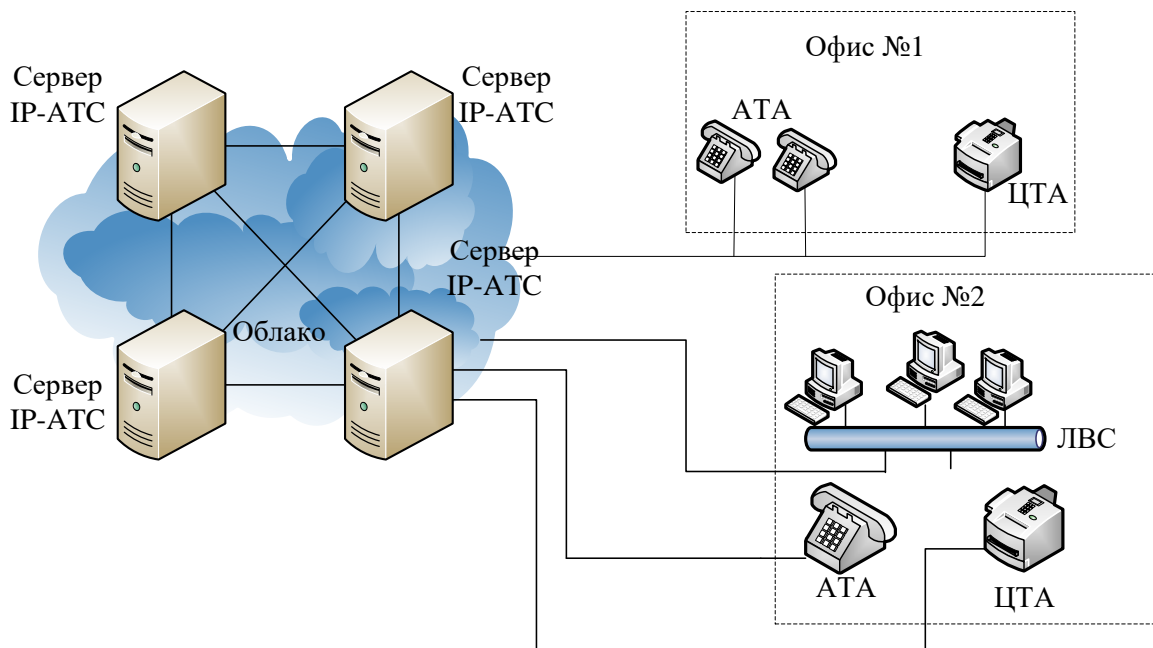


Рис.3. Вариант телефонизации при помощи виртуальной IP-АТС

Использование виртуальных IP-АТС имеет следующее достоинство:

- возможность получения инфокоммуникационных услуг в условиях отсутствия аппаратной IP-АТС, или невозможности реализации программной IP-АТС (по сути, аренда у провайдера требуемых услуг, но при этом вопросами технической эксплуатации и поддержанием работоспособности IP-АТС занимаются сотрудники арендодателя).

Иными словами виртуальные IP-АТС позволяют добиться существенной экономии денежных средств, за счет отсутствия затрат на приобретение, техническое обслуживание IP-АТС, а также обучение и содержание технического персонала. Данный вариант удобен, если офис «мобилен» - пользователю приходится часто переезжать из одного здания в другое, или для коммерческих организаций, когда основной капитал сосредоточен на развитии бизнеса, а не на развитии телекоммуникационной инфраструктуры.

Очевидным минусом такой системы является то, что все телекоммуникационные ресурсы находятся у сторонних владельцев, что создает угрозы информационной безопасности.

Таким образом, следует вывод о том, что выбор того или иного типа IP-АТС будет осуществляться исходя из финансовых возможностей, возможности иметь обученный технический персонал, требований по надежности функционирования, количества пользователей, видов терминального оборудования.

Список литературы

1. Семенов, Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения / Ю. В. Семенов. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.
2. Башилов, Г. IP-УАТС: в облаках или в серверной? // Журнал сетевых решений/Телеком. № 12, 2011 [Электронный ресурс] / Г. Башилов // – Режим доступа: <http://www.osp.ru/telecom/2011/12/13012038>.
3. Орлов, С. Современная телефония для современного бизнеса // Журнал сетевых решений/LAN. № 10, 2015 [Электронный ресурс] / С. Орлов // – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2015/10/13047298>.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ, ПОСТРОЕННЫЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИКООРДИНАТНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ ДВИЖЕНИЯ

Х.Н. Назаров, М.Д. Молласанов

Ташкентский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы построения промышленных роботов на основе мультикоординатных электромехатронных систем движения, приведена конструктивная схема разработанного промышленного робота

Ключевые слова: *промышленный робот, мультикоординатные электромехатронные системы движения, электромагнит, линейный электропривод, магнитопровод. сенсорные устройства*

INDUSTRIAL ROBOT BUILT ON THE BASIS OF A MULTICOORDINATE ELECTROMECHANICAL MOTION SYSTEM

H.N. Nazarov, M.D. Mollasanov

Tashkent State Technical University

Abstract. The article discusses the issues of building industrial robots based on multi-coordinate electromechanical motion systems, a design scheme for a developed industrial robot.

Keywords: *industrial robot, multicoordinate electromechatronic motion systems, electromagnet, linear electric drive, magnetic circuit. touch devices*

В современных технологиях робототехника нашла применение как эффективное средство автоматизированного производства. Промышленному роботу предъявляют строгие требования по целому ряду критериев: по точности позиционирования, по количеству степеней свободы и подвижности, по весогабаритным показателям, по числу исполнительных модулей. В связи с этим разработка робота предъявляет сложную задачу.

Ниже изложенной статье приведен сравнительный анализ конструкции роботов на базе одного многовыходного привода и робота с отдельными приводами для каждой степени подвижности.

Также приведена конструкция промышленного робота построенного на базе многовыходного электропривода работающего в комбинированной система координат.

В данной статье приводятся конструкция и принцип работы разработанного промышленного робота, работающего в угловой системе координат с четырьмя степенями подвижности и построенного на базе многовыходного электропривода. На рис.1. показан общий вид промышленного робота [1].

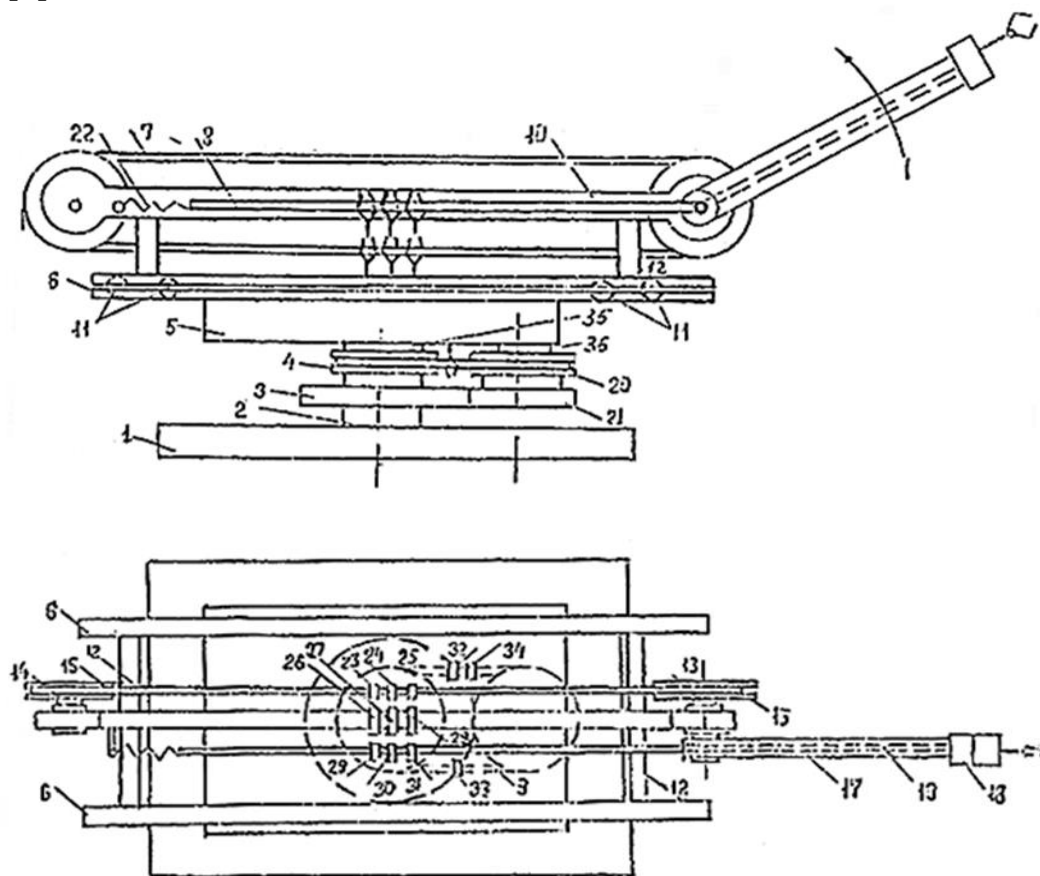


Рис. 1. Промышленный робот построенный на основе многовыходного привода

Промышленный робот содержит основание 1, на котором жестко закреплена стойка 2, к которому также жестко закреплена неподвижная шестерня 3. К неподвижной шестерне 3 посредством подшипника установлен на ось 35. К оси 35 закреплён шкив 4, а второй конец её жестко связан с корпусом мультикоординатной электромехатронной системы движения (МСЭД) 5. К корпусу МСЭД 5 также креплены направляющие 6. МСЭД 5 выполнен с четырьмя независимыми выходами (штоками). Штоки 7,8,9, выполнены из гибкого троса, а шток 10 выполнен из жесткого материала. На жестком штоке 10 установлена механическая рука робота. Ролики 11 на подшипника, а их оси закреплены к планкам 12. Планки 12 жестко механически соединены с штоком 10. На жестком штоке 10 посредством шарикоподшипников, размещены валы 13,14, на которых жестко закреплены шкивы 15,16. На шкивах размещены замкнутый гибкий трос 7. На валу 13 жестко закреплён поворотный рычаг 17, на конце которого установлен схват 15 руки робота. Поворотный рычаг 17 выполнен с продольным цилиндрическим осевым каналом 19. Шкив 20 установлен на подшипнике, а его ось 36 жестко

закреплен к корпусу многовыходного электропривода 5. Цилиндрическая шестерня 21, жестко механически связана со шкивом 20. Шестерни 3 и 21 зацеплены между собой. На шкивах 4 и 20 размещен замкнутый гибкий трос 9. Трос 8 выполнен разомкнутым, один конец через пружины 22 соединен с жестким штоком 10, а второй конец соединён с входным звеном схвата робота 18. На каждом тросе (штоке) (7,8,9,10) установлена по две рабочие (23, 25,26,28,29,31,32,33) и по одному фиксирующие (24,27,30,34) электромагнитные муфты (ЭМ).

Управляющие сигналы устройства управления поступая к обмоткам крайних и центральных магнитопроводов. МСЭД, а также к обмоткам ЭМ по определенным законам могут перемещать выходные тросы 7,8,9,10. по различным направлениям. Для примера рассмотрим случай, когда тросы 8 и 9 неподвижны, и рычаг 17 совершает поворотное движение по часовой стрелке, а шток 10 перемещается влево. Для фиксации вращательного движения робота, а также троса 8 включены обмотки фиксирующих ЭМ 34 и 30 соответственно. Этим неподвижная часть и тросы 8,9 сцеплены. Для перемещения штока 10 влево в момент, когда подвижные части перемещаются к крайним магнитопроводам, ЭМ 26 включен, шток 10 сцеплен с левой подвижной частью МСЭД. В этот момент времени органы ЭМ схвата 27,28 выключены, правая подвижная часть не сцеплена со штоком 10 и последний вместе с левой подвижной частью совершают влево на один шаг. Далее в момент когда подвижные части перемещаются к центральным магнитопроводам ЭМ 28 включен, а ЭМ 26 выключен и шток 10 вместе с правой подвижной частью совершает второй шаг влево и т.д. Циклы повторяются. Перемещение штока 10 вправо осуществляется аналогично. Поворотные движения рычага 17 получается преобразованием линейного движения троса 7 с помощью шкивов 15, 16,

Для совершения поворота рычага 17 по часовой стрелке нижняя часть троса 7 должна совершать движение вправо, а верхняя часть-влево. Рассмотрим как осуществляется это движение.

Для перемещения нижней части троса 7 вправо и в момент, когда подвижные части перемещаются к крайним магнитопроводам, ЭМ 25 включен. Трос 7 сцеплен с правой подвижной частью МСЭД. В этот момент времени. ЭМ 23,24 выключены, левая подвижная часть не сцеплена с тросом 7 и последний вместе с правой подвижной частью совершает движение вправо на один шаг. Далее в момент когда подвижные части перемещаются к центральным магнитопроводам, ЭМ 23 включён, а орган схвата 25 выключен и трос 7 вместе с левой подвижной частью совершает второй шаг вправо и т.д. Цикл повторяется А линейное движение троса 7 с помощью шкивов 15,16 преобразуется на повторение движение рычага 1 12, Подвижные части МСЭД совершают возвратно-поступательные движения, которые также управляются от устройства управления.

Аналогичным образом можно получить различные движения по каждым степеням подвижности промышленного робота.

Вращательные движения манипулятора осуществляется включением и отключением рабочих 32,33 и фиксирующего 34 ЭМ по определенному закону. Управление схватом 18 робота осуществляется аналогичным образом.

Таким образом, разработанная мультикоординатная электромехатронная система движения включает следующие компоненты: силовые электромагниты, постоянные магниты, управляемые муфты, датчики положения, скорости и сенсорные устройства, а также электронную систему управления и позволяет получать автономно на выходе множество линейных и угловых, вращательных движений, которые передаются к звеньям робота с помощью различных механических передач [2].

Промышленный робот построенный на базе мультикоординатной электромехатронной системы движения имеют различную конструкцию, обеспечивают упрощение весогабаритных показателей и улучшение динамических характеристик робота.

Список литературы

1. Хасанов П.Ф., Х.Н. Назаров Промышленный робот/ патент РФ №1598380.
2. Х.Н. Назаров Структурно-режимные модели компонентов многокоординатных мехатронных модулей интеллектуальных роботов/ Вестник ТашТГУ 2009/ 3-4, 75-79с.
3. Х.Н. Назаров, Н.Р. Матёкубов Концепция построения электромагнитных мехатронных модулей/ Химическая технология. Контроль и управление. 2017/ №6(78), 42-46 с.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ В ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Л.А. Неменушчая
ФГБНУ «Росинформагротех»

Аннотация. В статье приведен обзор современного состояния производства функциональных продуктов. Показаны примеры конкурентоспособных технологий производства функциональных продуктов на основе уникальных функциональных ингредиентов, таких как технологии с использованием дигидрокверцетина в качестве натурального антиоксиданта, обеспечивающие увеличение сроков хранения готовых продуктов в 2-3 раза. В итоге выделены положительные результаты и подтверждена перспективность разработки и внедрения данных конкурентоспособных технологий производства функциональных продуктов.

Ключевые слова: функциональный ингредиент, сокращение сроков хранения, антиоксидантная активность.

EFFICIENT FUNCTIONAL INGREDIENTS IN THE FOOD AND PROCESSING INDUSTRY

L.A. Nemenushchaya
FGBNU "Rosinformagrotech"

Abstract. The article provides an overview of the current state of production of functional products. Shown are examples of competitive technologies for the production of functional products based on unique functional ingredients, such as technologies using dihydroquercetin as a natural antioxidant, providing an increase in shelf life of finished products by 2-3 times. As a result, positive results were highlighted and the prospects for the development and implementation of these competitive technologies for the production of functional products were confirmed.

Keywords: *functional ingredient, reduced shelf life, antioxidant activity.*

Мировой рынок функциональных продуктов динамично развивается, ежегодно увеличиваясь на 15-20%. Согласно результатам исследования Global Industry Analysts, Inc. к 2024 году он превысит 195 млрд долл.. Наибольший сегмент данной продукции отмечается в Японии, он составляет около 50% от всех выпускаемых пищевых продуктов, в странах Евросоюза и США - около 25%.

Основными факторами, обуславливающими рост рынка функциональных продуктов в мире, являются: повышение внимания потребителей к пище, обеспечивающей профилактику заболеваний, увеличение продолжительности жизни, улучшение здоровья [1].

Среди функциональных продуктов питания наиболее широкую по видовому разнообразию подгруппу составляют продукты, дополнительно обогащенные функциональными ингредиентами.

По определению ГОСТ «физиологически функциональными пищевыми ингредиентами являются вещество или комплекс веществ животного, растительного, микробиологического, минерального происхождения или идентичные натуральным, а также живые микроорганизмы, входящие в состав разовой порции в 100 см³ или 100 г функционального пищевого продукта, способные оказывать благоприятный эффект на одну или несколько физиологических функций, процессы обмена веществ в организме человека, при систематическом употреблении содержащего их функционального пищевого продукта в количестве, составляющем не менее 15% суточной физиологической потребности или не менее 10⁶ колониеобразующих единиц микробных клеток в 1 г или 1 см³»[2].

К официально признанным функциональным ингредиентам растительного происхождения с уникальными свойствами относится биофлавоноид дигидрокверцетин (ДГК). Это эталонный антиоксидант, природный акцептор свободных радикалов кислорода (значение ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) составляет 60.000 условных единиц). За счет высоких комплексообразующих свойств является мощным гепатопротектором, радиопротектором, обладает иммунокорректирующими свойствами.

Учитывая антиокислительные свойства ДГК, перспективно его применение при совершенствовании существующих или создании новых функциональных пищевых продуктов. Безопасность и эффективность данного соединения подтверждена нормативными документами, адекватная доза для человека составляет 25 мг/сутки, максимальная 100 мг [3,4].

Проведенные Российскими отраслевыми институтами (ВНИМИ, ВНИИМП им. В.М. Горбатова, ВНИИМС и др.) исследования, позволили

разработать новые технологии и продукты с использованием ДГК в качестве натурального антиокислителя и одновременно функционального ингредиента. В таблицах 1 и 2 представлены данные о положительном влиянии от применения ДГК в молочной и мясной промышленности [5,6,7].

Таблица 1

Влияние ДГК на сроки годности молочных продуктов

Вид продукции	Нормы внесения ДГК, г/т	Техническая документация	Разработчик	Увеличение сроков хранения, раз
Молоко сухое (15%; 20%; 25%)	30; 40; 50	ГОСТ Р 52791-2007 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия.»	ВНИМИ; ВНИИ проблем хранения	в 3
Молоко и сливки, сгущенные с сахаром	50	ГОСТ Р 53436-2009 «Консервы молочные. Молоко и сливки, сгущенные с сахаром. Технические условия»	ВНИМИ	в 2
Сметана (15%; 20%; 25%)	30; 40; 50	Изменение №1 к ТУ 9222-355-00419785-04 «Сметана»	ВНИМИ	в 2
Йогурт (2,5%; 3,5%; 6%; 7,5%)	5; 7; 12; 15	Изменение №1 к ТУ 9222-442-00419785-08	ВНИМИ	в 2-3
Плавленые сыры (55-60%)	50-57,6	Изменение №6 к ТУ 9225-146-04610209-2003	ВНИИМС (г. Углич)	в 2

Таблица 2

Влияние ДГК на сроки годности мясных продуктов (исследования ВНИИМП имени В.М. Горбатова)

Вид продукции	Дозировка, % к массе жира	Нормы внесения ДГК г/т	Температура хранения	Увеличение сроков хранения, раз
Колбаса вареная в натуральной оболочке	0,006	12-18	2 - 6 °С	в 2
Сосиски, сардельки	0,006	12-18	2 - 6 °С	в 2
Полукопченые колбасы в натуральной или искусственной оболочке типа «Белкозин»	0,006	12-18	2 - 6 °С	в 2
Полукопченая колбаса с мясом птицы механической обвалки в натуральной или искусственной оболочке типа «Белкозин»	0,006	12-18	2 - 6 °С	в 2
Фарш мясной	0,006	9,6	2 - 6 °С	в 1,5-2
Мясо птицы механической обвалки и продукты с его использованием (фарш куриный)	0,04		0 ° - 1 °С -2 - 3 °С -18 °С	в 2-3

Как видно из таблиц введение ДГК обеспечивает увеличение срока годности мясных и молочных продуктов в 2...3 раза. По данным исследователей при использовании в качестве антиоксидантной добавки раствор ДГК на 10-30% более эффективен, чем его порошковая форма [7].

ВНИИМП имени В.М. Горбатова для предотвращения гидролитического распада жиров в охлажденном мясном сырье предложено применять композиции ДГК с другими природными антиоксидантами. Установлено, что наиболее эффективно останавливает распад жиров эмульсия смеси дигидрокверцетина с токоферолом, которую равномерно распределяют по поверхности мясного сырья [8].

В ВНИИПП также изучались возможности включения ДГК в пищевую продукцию. В результате разработаны и утверждены ряд ТУ и получены патенты на разработанные продукты, включающие ДГК (ТУ - 9213-155-23476484-2001 «Продукты сыровяленые из мяса куриного»; ТУ - 9213-179-23476484-02 «Продукты сыровяленые из мяса индейки»; Патент 2005108065 «Колбаса сыровяленая из мяса индейки»; Патент 2004102658/13 «Способ получения сыровяленого цельномышечного формованного продукта из мяса птицы»).

Московской медицинской академией имени И.М. Сеченова, Московской кондитерской фабрикой «Красный Октябрь» и Российским государственным медицинским университетом в результате исследований установлено, что использование дигидрокверцетина в качестве антиоксидантной добавки в количестве 0,2...0,5% от массы липидов, обеспечивает продление срока хранения кондитерских изделий на жировой основе в 2...2,5 раза и одновременно ведет к улучшению качества за счет снижения в них токсичных продуктов окисления. Степень ингибирования процессов пероксидного окисления липидов у этих компонентов составляет 50...55% при дозе 0,2% ДГК, 70...75% - при 0,5% и 90...95% при 1,0%.

Применение ДГК в соках и безалкогольных напитках также увеличивает их срок годности, при этом, за счет жидкой формы, обеспечивается полная биодоступность самого ДГК. Это создает условия для более полного проявления его функциональных свойств [5,9].

Анализ приведенных научных исследований показал, что применение ДГК позволяет не только продлить сроки хранения продуктов питания в 1,5...3 раза, сохранить и улучшить их органолептику, но и обеспечить функциональные свойства за счет введения природного антиоксиданта и устранения химических консервантов. Эти показатели являются важными потребительскими характеристиками, поэтому добавление ДГК наделяет продукты питания дополнительными конкурентными преимуществами.

Список литературы

1. Мировой рынок функциональных продуктов превысит 195 млрд. долл. к 2024 году // Бизнес пищевых ингредиентов. 2018. №3. С.6.

2. ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности (с Изменением №1).

3. Постановление Главного Государственного Санитарного врача от 18.04.2003 г. № 59 «О введение в действие СанПин 2.3.2.1293-03».

4. Методические рекомендации Государственного санитарно-эпидемиологического нормирования РФ № 2.3.1.1915-04 от 2004 г. «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ».

5. Использование ДГК в перерабатывающих отраслях АПК. ценностью [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.bio-t.ru/milk.html>, <http://www.bio-t.ru/meat.html>, <http://www.bio-t.ru/pastry.html> (дата обращения: 10.09.2018).

6. Гусева, Т.Б. Применение природного антиокислителя дигидрохверцетина для увеличения срока годности молочной продукции / Т.Б. Гусева, О.М. Караньян, Т.С. Куликовская, С.Н. Рассоха, И.А. Радаева // Пищевая промышленность. 2017. №8. С.54-56.

7. Насонова В.В. Сравнительное изучение антиокислительной активности дигидрохверцетина в мясопродуктах: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.18.04 / Насонова Виктория Викторовна; [ВНИИМП им. В.М. Горбатова]. - Москва, 2008. - 20 с.

8. Хардина Е.В. Способ предотвращения гидролитического распада жиров в охлажденном мясном сырье / Е.В. Хардина, О.А. Краснова // Все о мясе. – 2018. – № 2. – С. 12-14.

9. Федоренко, В.Ф. Конкуренентоспособные технологии производства функциональных продуктов питания/ В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуров, Л.А. Неменуца /: науч. анализ. обзор. – М.: ФГБНУ «Роинформатротех», 2018. – 150 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В ВС РФ

В.Г. Немтин, Д.Ю. Усов, К.Ю. Колбасюк

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева

Аннотация. В статье рассмотрен способ измельчения экструзия, при помощи экструдера с охлаждающими рабочими органами/

Ключевые слова: *экструзия, экструдер, охлаждающий рабочий орган, замороженный продукт, измельчение.*

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR THE PROCESSING OF FOOD PRODUCTS IN THE RF ARMED FORCES

V.G. Nemtin, D.Yu. Usov, S.Y. Kolyuasyuk.

Abstract. The article describes the method of grinding extrusion, using an extruder with cooling working bodies.

Keywords: *extrusion, extruder, cooling working body, frozen product, grinding.*

В настоящее время во всем мире и в том числе в России стараются использовать инновационные методы во всех сферах деятельности. В данной статье рассмотрены эти вопросы на примере переработки продуктов питания.

Измельчение замороженных продуктов процесс затратный и трудоемкий. Не все аппараты, предназначенные для измельчения, могут справиться с такой нагрузкой на рабочие органы, но применение экструдера поршневого типа с охлаждающими рабочими органами (экструдер - это машина для формирования пластичных материалов, путем придания им формы при помощи продавливания через профилирующий инструмент) позволяет избежать ненужных поломок и износа деталей при работе с замороженными продуктами. Процесс экструзии – это технология получения изделий путем продавливания вязкого расплава материала или густой пасты через формирующие отверстие.

Преимуществами процесса экструзии перед другими процессами измельчения является:

- Низкая травмоопасность при работе (рабочие органы экструдеров закрыты в корпус или кожухи и не могут нанести травму оператору);

- Легкость в обслуживании (например, меньше тупятся ножи, следовательно, заточка требуется реже, простота монтажа и т.д.);

- Получение однородной массы и различной формы продукта (жгута);

- Непрерывность работы;

- Упрощение и сокращение технологического процесса;

- Возможность автоматизации технологического процесса и работы в широком диапазоне температур;

- Возможность использовать во многих отраслях пищевой промышленности;

- Экономия энергии (относительно традиционных технологий)

Основным назначением экструдера является измельчение продукта, путем продавливания его через профилирующий инструмент. В основном, экструдеры используются в химической, пищевой промышленности и твёрдого биотоплива.

Использование экструдера с охлаждаемыми рабочими органами позволяет получить продукт с улучшенными биохимическими свойствами и микробиологическим составом.

Экструдеры классифицируют следующим образом:

- По типу основного рабочего органа: дисковые, поршневые, валковые, шнековые (одношнековые, винтовые, многошнековые), шестерёнчатые, комбинированные.

- По чистоте вращения шнека: нормальные, быстроходные.

- По конструктивному исполнению: стационарные, с вращающимся корпусом, с горизонтальным расположением шнека, с вертикальным расположением шнека.

- По физическим признакам: с коротким шнеком, с больших уклонов режущей кромки матрицы, с незначительных уклонов режущей кромки матрицы.

На рис. 1. показан общий вид экструзионной установки поршневого типа с охлаждаемыми рабочими органами, на рис. 2. представлен основной состав рабочей части экструдера с охлаждающими рабочими органами.

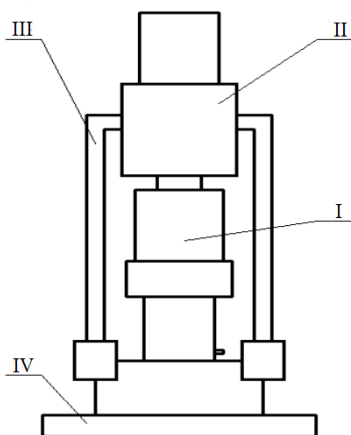


Рис. 1. экструзионная установка поршневого типа с охлаждающими рабочими органами:

I – рабочая часть; II – гидропривод; III – несущая рама; IV – опорная плита.

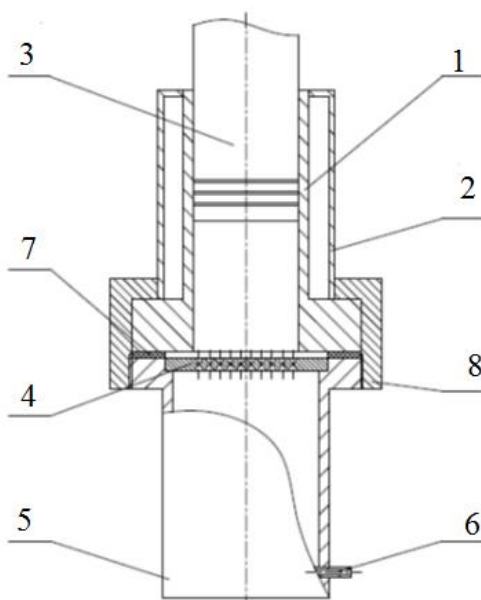


Рис. 2. основной состав рабочей части:

1 – рабочая камера; 2 – охлаждающая рубашка; 3 – движущийся поршень; 4 – измельчительная решётка (матрица); 5 – стакан;
6 – отверстие для установки термопары; 7 – уплотнительная прокладка;
8 – крепёжная гайка.

Рабочая часть I представляет собой корпус, имеющий рабочую камеру 1 и снабжённый охлаждающей рубашкой 2. Внутри рабочей камеры установлены охлаждаемые рабочие органы, представляющими собой движущийся поршень (плунжер) 3 и сменную измельчительную решетку (матрицу) 4. Измельчительная матрица 4 устанавливается в проточку в стакане 5, предназначенного для приёма измельчённого продукта и имеющего отверстие 6 для установки термопары, и прижимается уплотнительной прокладкой 7.

Сменная измельчительная решетка (матрица) представляет собой перфорированную поверхность с фигурными отверстиями типа «песочные часы», что позволяет уменьшить боковое сопротивление при движении сырья. Крепёжная гайка 8 обеспечивает центрирование и соосность рабочей камеры 1 и стакана 5. Герметичность соединения рабочей камеры 1 и стакана 5 обеспечивается уплотнительной прокладкой 7.

На рис. 3. изображен разрез рабочей матрицы типа «песочные часы», которая является наиболее эффективной, за счет своей пропускной способности и возможности больше сопротивляться нагрузкам (вследствие наименьшего сопротивления потоку сырья и наибольшей пропускной способности (решетка с наклонными отверстиями, где геометрическая ось отверстия совпадает с направлением потока сырья)). На рис. 4. изображены матрицы типа «песочные часы» различных диаметров.

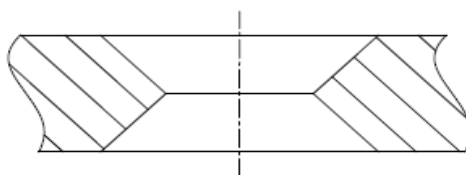


Рис. 3. Разрез рабочей матрицы с отверстиями типа «песочные часы»

Принцип работы осуществляется следующим образом. В охлаждающую рубашку подаётся циркулирующий холодильный агент для снижения температуры рабочих органов до требуемой, в зависимости от типа измельчаемого сырья. При движении поршня (плунжера) вверх открывается загрузочное окно рабочей камеры 1, через которое происходит загрузка измельчаемого сырья. При достижении верхней мёртвой точки поршень останавливается и меняет направление движения на противоположное. При движении поршня вниз загрузочное окно закрывается, гидропривод II создаёт давление и продавлиывает сырьё через сменную измельчительную решётку (матрицу) 6. Измельчённый полуфабрикат попадает в стакан 5. В отверстие 6 может быть установлена термопара для периодического контроля температуры полученного полуфабриката с целью соблюдения технологических норм. По достижению поршнем (плунжером) 3 своей нижней точки (продукт прошёл через матрицу), гидропривод возвращает его в верхнее положение.

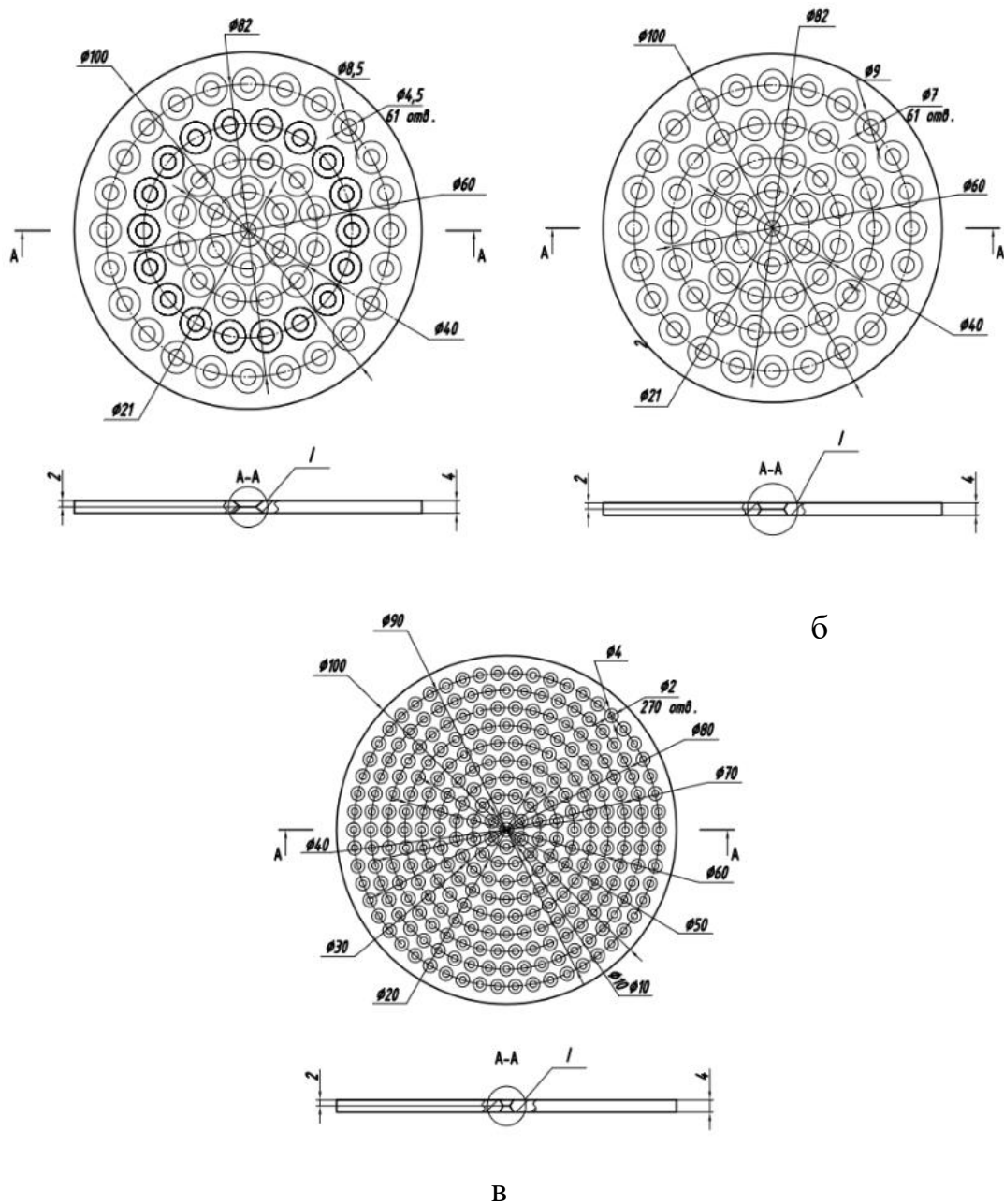


Рис. 4. Матрицы типа «песочные часы» различных диаметров рабочего отверстия:

- а – крупная «песочные часы» (7 мм), б – мелкая «песочные часы» (4,5 мм),
- в – «тонкая песочные часы» (2 мм)

Экструзивные технологии представляются достаточно актуальными и перспективными. Представленный экструдер позволяет снизить энергоёмкость и потери сырья при переработке продукта, и производить измельчение замороженного животного сырья (мяса птицы, говядины и т.д.), что позволяет сохранить большое количество полезных свойств продукта, также данный экструдер может быть использован для измельчения мелкого сырья.

Представленный способ измельчения продукта, а также экспериментальные исследования проведены на кафедре ТХО в Мурманском

Государственном Техническом Университете (МГТУ) город Мурманск к.т.н. доцентом Голубевой О.А. Данная конструкция полезной модели поршневого экструдера с охлаждающими рабочими органами защищена патентом (Заявка № 2016103972/02(006331) от 08.02.2016. Решение о выдаче патента на полезную модель от 25.04.2016.).

Применение данных передовых технологий переработки продовольствия позволит сэкономить затраты финансовых средств при организации питания личного состава ВС РФ,

Список литературы

1. Голубева О.А., Греков Е.О. Теоретические и практические основы процесса измельчения с использованием поршневого экструдера/ Международная научно-практическая конференция «Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производства» (8 апреля 2016г.) – Мурманск, МГТУ

2. Голубева О. А. Греков Е. О. Изучение процесса экструзии при переработке ската звёздчатого неразделанного замороженного / Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технологии производств»: материалы межд. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2015 г./ ФГБОУ ВПО «МГТУ» – Мурманск, 2015.

3. Машины и аппараты пищевых производств, в 2-х кн. Кн. 1: Учебн. для вузов/ С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.: Под. ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 703 с.

4. Островский Э.В. Краткий справочник конструктора продовольственных машин/ Э.В. Островский - 3-е изд., перераб.доп.-М.: Агропромиздат,1986. -621 с.

5. Технологическое оборудование пищевых производств / под ред. Б.М.Азарова – М.: Агропромиздат. 1988. – 463с.

6. Технология пищевых производств/ Л.П. Ковальская, И.С. Шуб, Г.М. Мелькина и др. - М.: Внешторгиздат, 1999. – 751 с.

К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СМЕШИВАНИЯ ТРУДНОСМЕШИВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

К.А. Никитин

Поволжский государственный технологический университет

Аннотация. в статье рассматривается вопрос решения проблемы смешивания трудносмешиваемых материалов. Дана характеристика проблемы, а так же предполагаемый способ её решения.

Ключевые слова: *трудносмешиваемые материалы, способы перемешивания, свойства смеси, сегрегация.*

TO THE QUESTION OF THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF MIXING HARD-MIXED MATERIALS

К.А. Nikitin

Abstract. the article addresses the issue of solving the problem of mixing difficult-to-mix materials. The characteristic of the problem is given, as well as the intended way of its solution.

Keyword: *difficult-to-mix materials, mixing methods, properties of the mixture, segregation.*

В процессе смешивания получается взаимное перемешивание частиц различных элементов, которые до процесса смешивания находились в отдельном друг от друга состоянии.

На выходе мы должны получить смесь, в которой к каждой из частиц элемента в любой точке примыкает частица другого элемента, зависящая от выбранной пропорции.

Цель работы. В ходе моего научного исследования, я ставлю задачу изучить данную проблему, так как данный процесс утопичен, в силу того, что на практике появляется целый ряд обоснованных причин, которые влияют на результат смешивания, а именно:

1. Способ перемешивания;
2. Технология и конструкция смесителя;
3. Механические и физические свойства самой смеси;
4. И т.д.

При перемешивании сыпучих веществ зачастую возникает ненужный процесс – сегрегация.

Сегрегацией называют, процесс естественного разделения любой из смеси сыпучего материала на его составляющие.

Из-за сегрегации, возрастает время перемешивания, увеличивается затраты на энергию, так же сильно портит однородность получаемой смеси

Согласно многочисленным исследованиям, основными видами сегрегации являются:

1. Разделение в поле силы тяжести (разделение смешиваемых материалов по плотности);
2. Сегрегация в поле центробежных сил;
3. Разделение смеси за счет различия в размерах частиц смешиваемых компонентов;
4. Разделение за счет разных фрикционных свойств частиц, которое проявляется при движении смеси по рабочим органам.

Сегрегация чаще всего происходит в момент выгрузки готовой смеси, когда она движется по рабочему органу смесителя, при застревание какого либо компонента в застойниках.

На сегодняшний день выделяют следующие способы снижения сегрегации:

1. Деление сегрепотоков;
2. Многократная циркуляция смеси.

Для того что бы повысить эффективность процесса смешивания материалов склонных к сегрегации, были получены новые способы

перемешивания, основой которых служит, уменьшение влияния движущих сил на разделяемые материалы.

Дынные методы представлены в виде:

1. Трамбовка смеси, способ заключается в уменьшении сегрегации под действием силы тяжести;
2. Существенное деление частиц любого из компонентов, способ заключается в уменьшении сегрегации по линейным размерам;
3. Разделение потоков на зоны;
4. И т.д.

Последним научным достижением в данной области, была разработка устройства, целью которого является уменьшение сегрегации, при перемешивании и одновременном уплотнении сыпучих веществ, которое по своему конструктивному свойству будет простым, но при этом показывать высокую эффективность при смешивании сыпучих веществ.

Главная суть этого устройства заключается в том, чтобы формировать дисперсные потоки при смешивании компонентов под углом, что бы получать зону пересечения. В таком случае при попадании на отбойный барабан, потоки будут падать на транспортирующее устройство. Таким образом, появляется возможность регулировать скорость подачи смесителя, что приведет к однородному и равномерному смешиванию компонентов.

Предварительные опыты показали, что для оптимального соотношения нужно учитывать целый ряд факторов, а именно:

1. Плотность компонента
2. Форму частицы
3. Размеры частицы
4. И т.д.

Что бы определить качество смеси был введен улучшенный коэффициент неоднородности смеси.

Для расчетов была использована программа «Миксан», в которой по формуле (1), находится концентрация компонентов.

Для нахождения улучшенного коэффициента неоднородности смеси, используется формула (2)

$$a = \frac{\Pi_1}{\Pi_1 + \Pi_2}, \quad (1)$$

где, Π_1 – количество частиц первого материала, Π_2 – количество частиц второго материала.

$$B_c = \frac{100}{A_0} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (c_i - A_0)}, \quad (2)$$

где A_0 – среднее арифметическое содержание основного компонента в проверках;

n – количество проверок смеси;

c_i – итая проверка смеси.

Так как, параметр A_0 не учитывает погрешность дозатора, решено вместо A_0 использовать A_0^* - требуемая концентрация, т.е. это нужная концентрация.

Вывод: предполагается, что данный коэффициент будет учитывать погрешность дозатора, что в итоге позволит нам получать наиболее достоверные результаты и сведения об однородности смеси.

Список литературы

1. В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин, Оборудование для переработки сыпучих материалов, Москва «издательство машиностроение-1» 2016 С. 198.

2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов. М.: «Машиностроение», 1973.С. 216.

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ В СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.Г. Поминов¹, А.С. Николаев¹, Г.В. Шкитин¹, В.А. Шашина²

¹Военный институт (Военно-морской политехнический) Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

²Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет

Аннотация. В статье описан метод сварки трением с перемешиванием применительно судостроительной отрасли. Рассмотрена возможность изготовления конструкций, узлов судов.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, СТП, процесс сварки, инструмент, судостроение.

FRICTION STIR WELDING IN SHIPBUILDING IN SHIPBUILDING INDUSTRY

S.G. Pominov¹, A.S. Nikolaev¹, S.V. Shkitin¹, V.A. Shashina²

¹Military Institute (Naval Polytechnic) of the Military Training and Scientific Center of the Navy «Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov»

²St. Petersburg State Marine Technical University

Annotation The article describes the method of friction stir welding for the shipbuilding industry. The possibility of manufacturing the

Keyword: friction stir welding, FSW, welding process, tool, shipbuilding.

Сварка трением с перемешиванием (СТП) – это процесс соединения изобретённый институтом сварки (ТВИ), в 1991 году[1]. Он позволяет получить высококачественные соединения изделий различной геометрии, включая листовые материалы, трубы, профильные конструкции. На этот процесс сварки имеется авторское свидетельство СССР [2]. Данный процесс сварки может быть использован в качестве альтернативы другим видам сварки, таких как лазерной, электродуговой, контактной и т.д.

Сварка трением с перемешиванием успешно развивается в различных отраслях промышленного производства: судостроительной, авиационной, аэрокосмической, автомобилестроительной и др.

В настоящее время в российских организациях, таких как ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», ФГУП «ВИАМ», МГТУ им. Н.Э.Баумана, ГКНПЦ имени М. В.Хруничева, ФГУП «НПО Техномаш», ОАО «ВНИИАЛМАЗ», ЗАО «Сеспель» и др. – накоплен опыт применения сварки трением с перемешиванием различных алюминиевых сплавов.

В процессе сварки (рис. 1) используется инструмент, в форме прутка с наконечником, который состоит из двух составляющих элементов: бурт и пин.

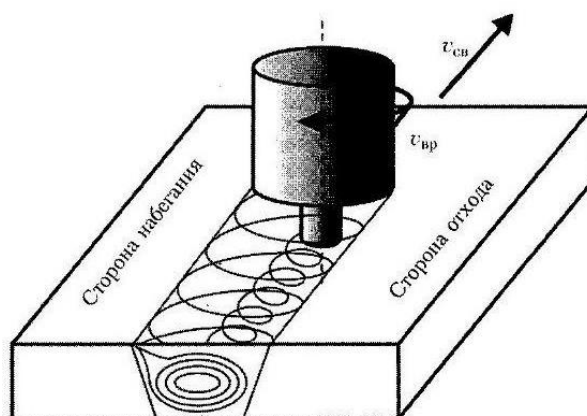


Рис. 1. Схема процесса

От толщины свариваемого изделия зависит их размеры. Длину пина в большем случае устанавливают равной толщине свариваемого изделия. Диаметр бурта может изменяться от материала заготовок. Вращающийся с высокой частотой инструмент внедряется в место стыка изделия на глубину свариваемой толщины изделия, а бурт касается их верхней поверхности. После этого инструмент движется вдоль сварного стыка. В результате перемешивания происходит нагревание металла вплоть до пластической деформации, с последующим перемешиванием его вращающимся инструментом и вытеснением в освобождающийся объем. Бурт инструмента и осевая нагрузка блокирует сверху объем. В связи с отсутствием симметрии в структуре сварного шва (рис. 2) в поперечном сечении соединений, различают сторону набегания и сторону отхода.

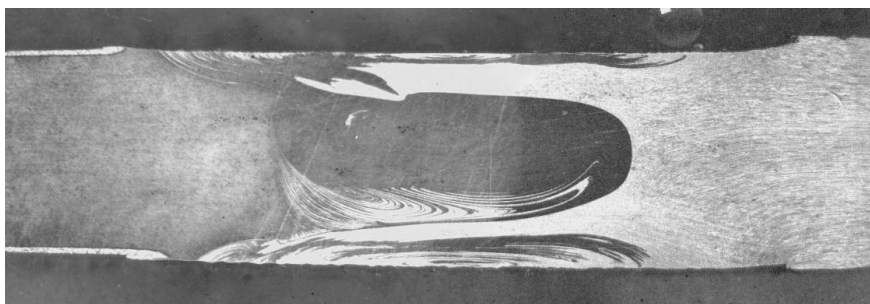


Рис. 2. Структура сварного шва

Судостроительная и морская промышленность один из первых отраслей промышленности, которые приняли данный процесс сварки, как показано на рисунке 3.



Рис. 3. Применение СТП в судостроении

Этот процесс используют для сварки следующих изделий:

- переборки и полы;
- вертолетные посадочные площадки;
- обшивка корпуса и элементы надстройки;
- морские и транспортные сооружения.

СТП имеет ряд преимуществ над сваркой плавлением, как малые тепловложения, малые остаточные напряжения и деформации. Процесс происходит в твёрдой фазе без расплавления. Структура шва мелкая рекристаллизованная равномерная, зона термических влияний практически отсутствует, так же отсутствуют горячие трещины и пористости.

На рисунке 4 и 5 показаны изделия сваренные с использованием СТП для надводного корабля.

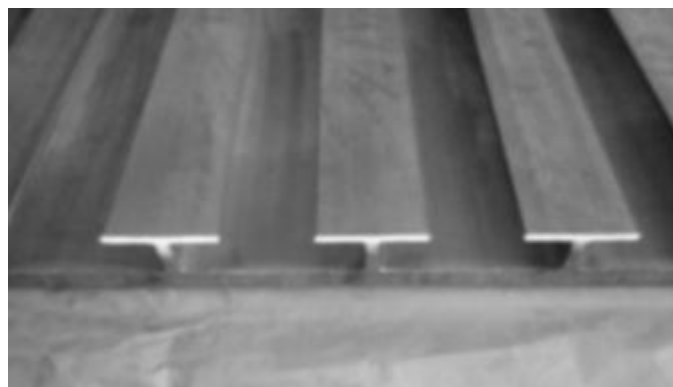


Рис. 4. Сваренный узел пола надводного корабля

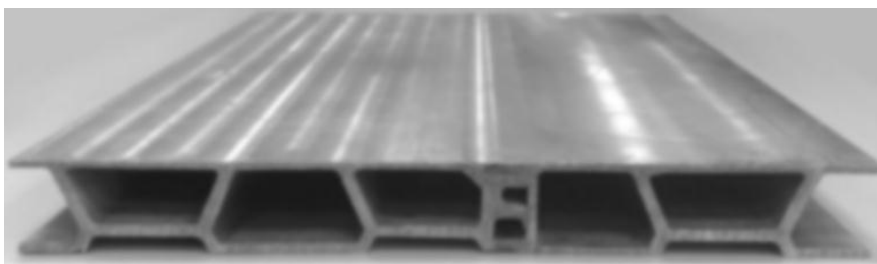


Рис. 5. Сваренный узел надстройки надводного корабля

Сварка трением с перемешиванием более востребована в настоящее время, тем более в судостроении, так как данным процессом обеспечивается качество сварного шва и уменьшения затрат на сварку. На большом надводном корабле в среднем выходит 1500км сварного шва. В процессе сварки плавление увеличивается вес корабля, а при использовании сварки трением с перемешиванием облегчаем вес и сэкономим на присадочной проводке. Уменьшение веса надводного корабля даёт изменения его технических характеристик. При снижении веса увеличиваем скорость хода, а так же увеличивается объем грузоперевозок надводного корабля;

Ещё одно преимущество применения СТП сварка двух различных материалов, не свариваемых традиционным способом.

Список литературы

1. W.M. Thomas et al., 1991 US Patent No/ 5,460,31 7.
2. А.С. СССР 1195846, Кл. МПК В23 К.
3. Thomas W.M. Friction stir welding and related friction process characteristics // 7th Jnalco Conference, Cambridge, April 1998.
4. Лукин В.И., Иода Е.Н., Пантелеев М.Д., Скупов А.А., Овчинников В.В. Сварка трением с перемешиванием высокопрочных алюминий-литиевых сплавов В-1461, В-1469// Сварочное производство. 2015. №7. С. 21-25

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАСТИЛЫ ИЗ ПЛОДОВ РЯБИНЫ КРАСНОЙ

К.Н. Нициевская

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
Российской академии наук (СФНЦА РАН)*

Аннотация. В статье рассмотрено влияние гидромеханического воздействия при обработке в механо-акустическом гомогенизаторе на плоды рябины, при анализе физико-химических показателей готовой продукции.

Ключевые слова: *плоды рябины красной, гидромеханическое воздействие, пастила*

RESEARCH OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF THE PASTES OF FRUITS OF MOUNTAIN ASH RED

K.N. Nitsievskaya

Institute of Technology of Processing of Agricultural Production Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The article deals with the influence of hydro-mechanical action in the processing of mechano-acoustic homogenizer on the fruits of Rowan, in the analysis of physical and chemical parameters of the finished product.

Keywords: *fruits of mountain ash red, the hydro-mechanical impact, paste*

Плоды рябины отличаются комплексом каротиноидов (α - и β -каротины, криптоксантин, аурохром, мутахром, фитофлуин, лютеин, зеаксантин, виолоксантин и др.), органическими кислотами (яблочная, лимонная, винная, янтарная – 2,6–4,4 %) [1]. В составе сахаров выделена глюкоза, манноза (5,1–7,5 %), суммарное содержание L-сорбозы и сорбита составляет до 25,3 % [2]. Фенольные соединения представлены дубильными веществами (0,5 %, в т. ч. катехины 34–170 мг%), фенолокислотами (кофейная, хлорогеновая, феруловая, кумаровая, салициловая), флавонолами (41–260 мг%, в основном кверцетин, рутин и гиперозид), антоцианами (45–70 мг%) и лейкоантоцианами (420 мг%). В плодах содержатся также пектиновые вещества (до 2 %), клетчатка (2,0–3,1 %), тритерпеновые кислоты – урсоловая, олеаноловая (1,8–1,9 %) [2]. Из семян выделен гликозид амигдалин.

Рябина сибирская, широко используемая в народной медицине для лечения различных заболеваний, а также применяемая в пищевой промышленности, является одним из наиболее распространенных растений Сибири.

Целью исследования является поиск оптимальных параметров технологической обработки с сохранением пищевой ценности готовой продукции и полуфабрикатов соответствующая микробиологической чистоте при длительном хранении.

Технология получения продукции из плодов рябины обыкновенной заключается в этапах: производство начиналось с подготовительного этапа – анализа и инспектирования плодов рябины, освобождения от листьев и веток. Далее плоды подвергали измельчению ягод с водой в соотношении 1:1. Температурная обработка проводилась в режиме $70 \pm 2^\circ\text{C}$ под влиянием гидромеханического воздействия при обработке в механо-акустическом гомогенизаторе [3]. Затем проводилась конвективная сушка полученного гомогената из плодов рябины красной до достижения в продукте минимального содержания влаги (таблица 1).

Таблица 1

Физико-химические свойства плодов рябины красной и пастилы

Наименование образца	Массовая доля влаги, %[4]	Зола,% [5]	Углеводы, %[6]
Плоды рябины красной	65,540	0,648	10,805
Пастила	16,087	3,239	23,155

Снижение содержание влаги в готов продукте, в сравнении с плодами рябины красной (исходное сырье) отмечено в 4 раза. (с 65,5 % до 16,1), показатель «зола» (содержание сухих веществ, в пастиле увеличился в 5 раз (с 0,6 до 3,3), количество «углеводов» (содержание естественных сахаров) повысился в 2,3 раза (с 10,8 до 23,2).

Физико-химические показатели включали исследование содержания аминокислот, метод основан на определении с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель», модификации Капель-105М (оборудование приобретено по программе развития СФНЦА РАН 2016-2020 гг) [7]. В качестве объекта исследования взяты плоды рябины красной (сортосмесь) и пастила из гомогената (таблица 2).

Таблица 2

Аминокислотный состав семян льна и амаранта ($P \geq 0,95$)

№	Компонент	Плоды рябины красной, % *	Пастила из гомогената, % *
1	Аргинин (Arg)	0,133±0,053	0,088±0,035
2	Лизин (Lys)	0,061±0,020	0,039±0,013
3	Тирозин (Tyr)	0,070±0,021	0,051±0,015
4	Фенилаланин (Phe)	0,143±0,042	0,139±0,041
5	Гистидин (His)	0,091±0,045	0,072±0,036
6	Лейцин+Изолецин (Leu+Ile)	0,418±0,108	0,364±0,094
7	Метионин (Met)	0,198±0,067	0,047±0,015
8	Валин (Val)	0,213±0,085	0,159±0,063
9	Пролин (Pro)	0,107±0,028	0,179±0,046
10	Треонин (Thr)	0,025±0,010	0,109±0,043
11	Серин (Ser)	0,113±0,029	0,136±0,035
12	Аланин (Ala)	0,155±0,040	0,158±0,041
13	Глутаминовая кислота (Glu)	-	0,243±0,082

Примечание *Содержание аминокислот определялось в абсолютно сухом веществе

Анализ данных таблицы показывает, что при обработке плодов рябины красной отмечено перераспределение аминокислотного сора, тем самым содержание аминокислот: β -оксиаминокислоты (серин и треонин) отличаются увеличением в пастиле в сравнении с плодами рябины по аминокислоте «серин» в 4,36 раза. Дикарбоновые аминокислоты (глутаминовая кислота) увеличивается в готовом продукте на 0,2%. По остальным аминокислотам происходит незначительное снижение.

Выводы

При анализе результатов исследований можно утверждать о сохранении нативных свойств сырья в процессе обработке на механо-акустическом гомогенизаторе.

Список литературы

1. Злобин, А. А. Пектиновые полисахариды рябины обыкновенной *Sorbus Aucuparia L.* / А. А. Злобин, Е. А. Мартинсон, С.Г. Литвинец // Химия растительного сырья. - 2011. - №1. - С. 39-44.
2. Школьников, М.Н. Товароведно-технологическая характеристика растительного сырья, используемого в производстве бальзамов и БАД: учебное пособие / М.Н. Школьников, Е.Ю. Егорова; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – 160 с.
3. Патент 2623635 Российской Федерации Способ получения полуфабриката из плодов рябины обыкновенной (*Sorbus Aucuparia L.*)
4. ГОСТ 28561-90 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги // Овощи сушеные. Технические условия. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 75-84.
5. ГОСТ 25555.4-91 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и растворимой золы // Продукты переработки плодов и овощей. Методы анализа. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – С. 71-74.
6. ГОСТ 8756.13-87 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров // Продукты переработки плодов и овощей. Методы анализа. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – С. 30-38.
7. Комарова, Н. В., Каменцев, Я. С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» — СПб.: ООО «Веда», 2006. — 212 с.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОХОДА

Ш.С. Нозирзода

Научный руководитель: Бухаченко С.Е., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Аннотация. в данной работе приведены данные о фактической точности механически обработанных поверхностей геохода и выявлены факторы, обуславливающие их погрешности, даны рекомендации по повышению точности механически обработанных поверхностей головной секции Геохода.

Ключевые слова: геоход, ротор погрузочной системы, головная секция, дорожки качения, фланец, точность, координатный контроль, технологическая наследственность, повышения точность.

ENSURING THE ACCURACY OF MECHANICAL TREATED GEODEX SURFACES

Sh.S. Nosirzoda

Scientific adviser: Buchachenko S.E., c. of t.s., docent
National Research Tomsk Polytechnic University

Abstract. This paper describes the method of coordinate control of buildings of a prototype of geological and regression modeling of their surfaces of revolution. The data on the actual accuracy of the surfaces and the identified factors causing their errors.

Keywords: *geohod, loading system rotor, head section, raceways, flange, accuracy, coordinate control, technological heredity.*

Формирование подземного пространства и освоение недр Земли являются важнейшими задачами современной жизнедеятельности человечества и его будущего [1]. Постоянный рост дефицита городских территорий вызывает создание новой подземной инфраструктуры, являющейся эффективным средством решения транспортных, территориальных и экологических проблем растущих мегаполисов [2]. Уже в настоящее время планомерное и комплексное использование подземного пространства рассматривается в качестве безальтернативного варианта развития городов [3]. При этом отмечается, что необходимым условием реализации данной стратегии развития является разработка новых эффективных способов строительства подземных сооружений и разработки новых видов горнопроходческого оборудования.

Речь идет о принципиально новых технологиях создания горных выработок и соответствующем оборудовании, образцами которых являются геходная технология и геход [4]. Внедрение геходной технологии и геходов подразумевает революционный подход к инновационному развитию [5] горных предприятий и предприятий горного машиностроения. Геход – аппарат, предназначенный для проходки горных выработок различного назначения и расположения в подземном пространстве и движущийся в породном массиве с использованием геосреды. Внедрение геходной технологии и геходов подразумевает революционный подход к инновационному развитию [5] горных предприятий и предприятий горного машиностроения.

Применение геходов для формирования подземного пространства позволит:

- реализовывать соединенное осуществление действий присутствие проходке горных выработок и возведению подземных сооружений;
- увеличить безопасность ведения проходных трудов при полной защите призабойной зоны от вывалов природы;
- предоставить возможность выполнения выработок всякого пространственного расположения.

Головной модуль Геход включает в себя:

Головную секцию, предназначенную для ограждения и защиты призабойной рабочей области, размещения в ней исполнительного органа,

погрузочной и транспортной систем, размещения на ней внешнего движителя с исполнительными органами и передачи крутящих моментов от выходного звена трансмиссии к движителю и исполнительному модулю;

Диафрагму, предназначенную для предотвращения несанкционированных вывалов породы со стороны забоя;

Исполнительный орган, предназначенный для разрушения породы и формирования подземного пространства в пределах контура выработки;

Внешний движитель, предназначенный для перемещения геолода на забой, создания тягового и напорного усилий;

Исполнительные органы внешнего движителя, предназначенные для формирования двух винтовых опорных законтурных каналов;

Погрузочную систему, предназначенную для погрузки и перемещения отбитой массы на транспортную систему.

Головная секция - первая, считая от забоя, вращаясь, совершает поступательное движение на забой за счет винтовой лопасти. Хвостовая секция перемещается только поступательно, удерживаясь от приворота опорными элементами в виде пластин, ориентированных вдоль продольной оси агрегата.

Головная секция (рис.1) в конструкции геолода является ответственным крупногабаритным корпусным изделием и несет на себе исполнительный орган главного забоя, внешний движитель, исполнительные органы внешнего движителя, погрузочную систему и механически соединяется с внешним корпусом модуля сопряжения [1]. В процессе эксплуатации головная секция совершает вращательное движение, обеспечивая тяговое усилие на внешнем движителе, и воспринимает значительные нагрузки со стороны исполнительного органа главного забоя.

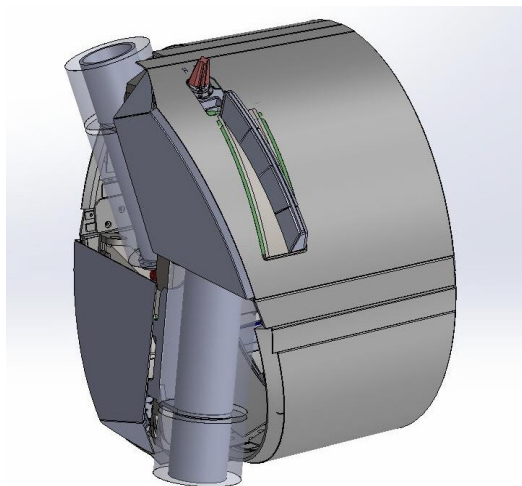


Рис.1. Головной секции геолода. [10]

Комплекс конструктивных особенностей геолода и требований к системам и узлам машины приводит к возникновению ряда новых задач в процессах их изготовления [2]. В плане производства систем и узлов геолода особое место занимают крупногабаритные корпуса геолода, к которым относятся: головная

секция, стабилизирующая секция, корпус и внешний корпус модуля сопряжения, а также ротор погрузочной системы [3]. Корпуса являются сборными изделиями цилиндрической формы с габаритами от 2940 мм до 3200 мм, к которым предъявляются требования точности как в отношении наружных необрабатываемых поверхностей (оболочек), так и механически обрабатываемых сопрягаемых поверхностей. Одними из наиболее ответственных поверхностей являются дорожки качения на головной секции геодода (рис.2).

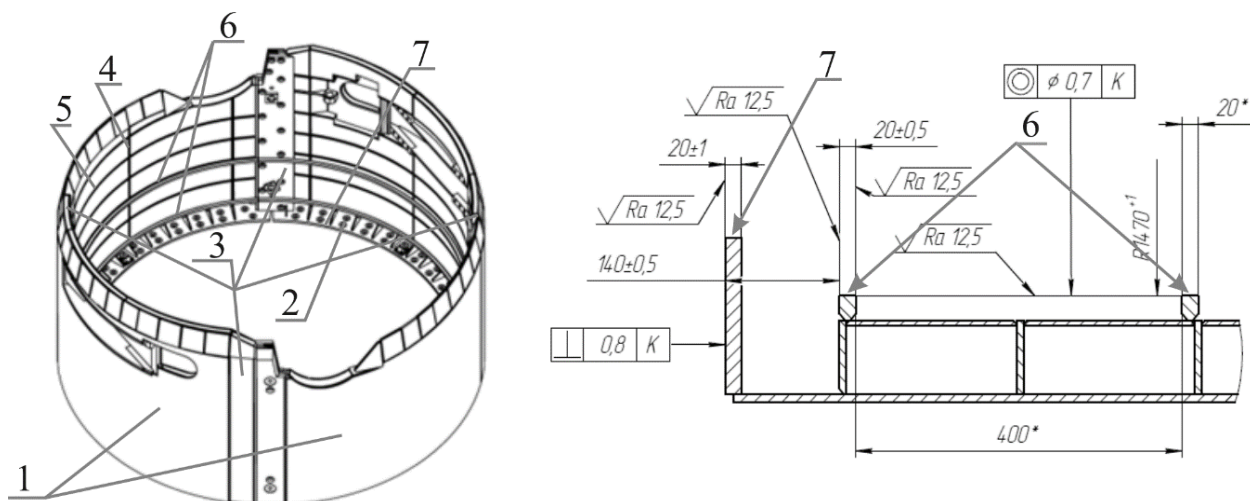


Рис. 2. Общий вид головной секции геодода (1 – обечайки; 2 – фланцы; 3 – замки; 4 – стрингеры; 5 – шпангоуты; 6 – дорожки качения; 7 – внутренняя поверхность соединительного фланца). [3]

По данным поверхностям секция сопрягается с погрузочной системой (рис. 2). В опытном образце геодода модели 401 [4] применена погрузочная система роторного типа с периферийными лопатками. Погрузка отбитой породы осуществляется криволинейными лопатками с разгрузкой на ленточной перегружатель. Вращение ротора осуществляется четырьмя гидроприводами от гидромоторов через цевочное колесо, закрепленное на погрузочном роторе. Ротор погрузочной системы устанавливается на дорожки качения головной секции на семь роликов. Ротор собирается из пяти секторов, отличающихся расположением роликов и конфигурацией секторов обеспечивающих монтаж-демонтаж колеса в корпус геодода.

Таким образом, точность дорожек качения на головной секции обуславливает возможность свободного и плавного, без заклиниваний, движения ротора погрузочной системы, а также возможность установки необходимых величин зазоров в цевочной передаче. Также предъявляются требования к точности формы и расположения внутренней поверхности соединительного фланца головной секции, что обуславливается технологическими факторами – данная поверхность является технологической базой при обработке дорожек качения и при обработке отверстий фланца, расположение которых задает конструкторскую базу К.

В рамках реализации комплексного проекта по разработке и постановке на производство геохода [4] модели 401 были разработаны технологии изготовления корпусов геохода и, в частности, головной секции. Общее описание технологии приведено в работе [5]. Изготовленные корпуса подвергались исследованию их фактической точности [6].

Для определения характера погрешностей, возникающих при обработке дорожек качения ротора погрузочной системы, в процессе опытного производства геохода модели 401 производился координатный контроль поверхностей головной секции. Контроль осуществлялся с использованием мобильной координатно-измерительной машины FARO Arm Edge 9 [6].

Данные, полученные в результате измерений, представляют собой наборы координат точек для каждой из поверхностей. Графическая интерпретация измеренных точек приведена на рис. 3. [11]

Для анализа данных использовалась САI-система PowerINSPECT, а также разработанная программа, основанная на моделировании действительных поверхностей дорожек качения и внутренней поверхности фланца [7]. Модели создавались путем аппроксимации наборов координат точек с использованием аппарата, аналогичного приведенному в [8].

Данным образом определялось положение общей оси цилиндра, относительно которой велись дальнейшие исследования отклонений.

В данной работе [9] показано, что подобный характер при большей абсолютной величине погрешности имеют наружные поверхности корпусов, что связано со сварочными деформациями, возникающими в процессе сборки корпусов.

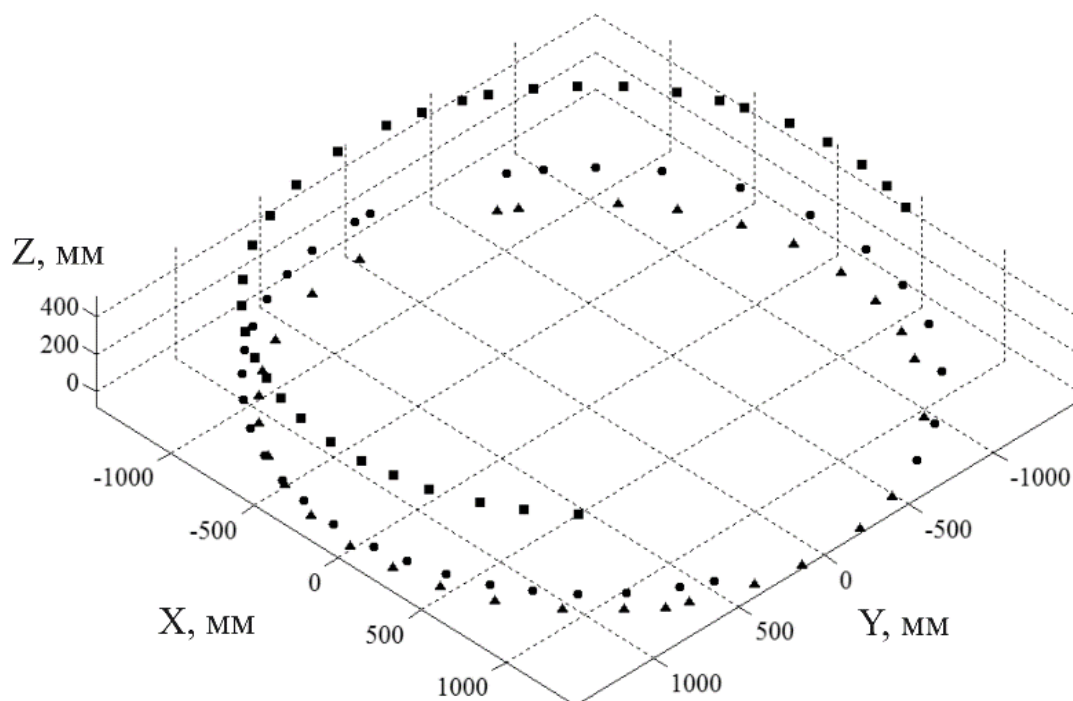


Рис. 3. Наборы координат точек для дорожек качения и внутренней поверхности соединительного фланца.

Таким образом, изучая конструкции геохода, можно почеркнуть, что геоход является новым подходом к выполнению горных выработок и формированию подземного пространства. Многие системы не имеют аналогов в горном машиностроении, обладают основополагающими отличиями по назначению и принципу работы всех существующих систем горнопроходческих комбайнов и щитов. Головная секция является одним из важных и крупногабаритных элементов, и требует высокую точность при сборке конструкции геохода.

Фактическая точность обработанных поверхностей геохода не в полном объеме соответствует установленным требованиям.

Погрешности носят систематический характер: в местах соединения секторов наблюдаются – отрицательные отклонения, в серединах секторов – положительные; характер погрешностей соответствует характеру деформаций корпусов после сварки, что свидетельствует о том, что наиболее значимым фактором в формировании погрешностей является технологическая наследственность.

Для повышения точности механически обработанных поверхностей головной секции Геохода в процессе сварки необходимо применить дополнительные опоры в местах соединения секторов. Данные опоры могут сопротивляться к деформациям секторов после сварки и обеспечивать конструкцию равномерно жесткой. Так же можно увеличить поля допусков, технологических переходов и назначить обоснованные механические припуски на обработку, чтобы компенсировать возникающие погрешности.

Список литературы:

1. Геоходы – основа создания нового геотехнологического инструментария для формирования подземного пространства и подземной робототехники / В.В. Аксенов [и др.] // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2016. – С. 212-223.

2. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства / В.В. Аксенов [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 8 (126). – С. 8-15.

3. Вальтер А.В. Факторы, обуславливающие погрешности поверхностей вращения крупногабаритных корпусов геохода / А.В. Вальтер // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 8 (126). – С. 19-25.

4. Опыт участия Юргинского технологического института (филиала) НИ ТПУ в проекте по организации высокотехнологичного производства (ППРФ №218) / В.В. Аксенов [и др.] // Технологии и материалы. – 2016. – № 2. – С. 10-17.

5. Вальтер А.В. Варианты обеспечения точности оболочек и собираемости корпусов геохода / А.В. Вальтер, В.В. Аксенов // Механики XXI века. – 2015. – № 14. – С. 89-92.

6. Вальтер А.В. Исследование точности изготовления крупногабаритных корпусов вращения опытного образца геохода / А.В. Вальтер, Ш.С. Нозирзода, А.Н. Ивкин // Научно-методический журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 2026-2030.

7. Вальтер А.В. Математическое обеспечение обработки данных координатного контроля оболочки геохода / А.В. Вальтер, В.В. Аксенов, П.А. Чазов // Технологии и материалы. – 2015. – № 3. – С. 4-9.

8. Вальтер А.В. Программное обеспечение автоматизированного анализа кинематики процесса резания / А.В. Вальтер // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2008. – № 1. – С. 18-19.

9. Вальтер А.В. Определение величины и характера геометрических погрешностей оболочки модуля сопряжения опытного образца геохода / А.В. Вальтер, В.В. Аксенов, Р.В. Чернухин // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2016. – № 3. – С. 42-47.

10. Консультационный центр/ Кемеровский Опытный Ремонтно-механический завод [Электронный ресурс] URL: <http://www.kormz.ru/products/?id=148//> (Дата обращения: 20.10.2018).

11. Нозирзода Ш. С. Результаты координатного контроля дорожек качения ротора погрузочной системы опытного образца геохода // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. - 2017 - Т. 4 - №. 1. - С. 34-38.

РАСЧЕТ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.Я. Огневой

*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова*

Аннотация. предложена методика геометрического расчета жестких пресс-форм холодного прессования металлических порошков, выбора материалов и режимов ТО и ХТО деталей пресс-форм.

Ключевые слова: порошковая металлургия, прессование, жесткие пресс-формы, шихта, прессовки, термическая и химико-термическая обработка.

CALCULATION OF PRESS-FORMS FOR PRESSING STEEL POWDER PRODUCTS

V. Ya. Ognenoy

Polzunov Altai State Technical University

Abstract. The method of geometrical calculation of rigid molds for cold pressing of metal powders, the choice of materials and modes of thermal and chemical-thermal treatment parts of molds is proposed.

Keywords: powder metallurgy, pressing, rigid molds, charge, pressing, thermal and chemical-thermal processing.

В настоящее время порошковая металлургия все шире применяется для изготовления деталей различного назначения. Основной операцией,

определяющей форму и размеры деталей, является прессование, осуществляемое в большинстве случаев в жестких пресс-формах для холодного и горячего прессования.

Геометрический расчет включает в себя следующие этапы:

- Выбор схемы прессования данной прессовки;
- Составление эскизной технологии прессования;
- Определение технологических характеристик шихты и прессовок;
- Расчет размеров деталей пресс-формы и допусков на их изготовление.

Схема прессования выбирается исходя из степени сложности порошковых изделий на основании чертежа готовой детали. Ниже предлагаются некоторые рекомендации применения основных схем прессования (рисунок 1).

Эскизная технология прессования должна включать следующую последовательность операций:

- заполнение полости пресс-формы шихтой;
- операция уплотнения шихты;
- снятие излишков шихты;
- последовательность перемещения пуансонов, центрального стержня и матрицы;
- схема выталкивания прессовки.

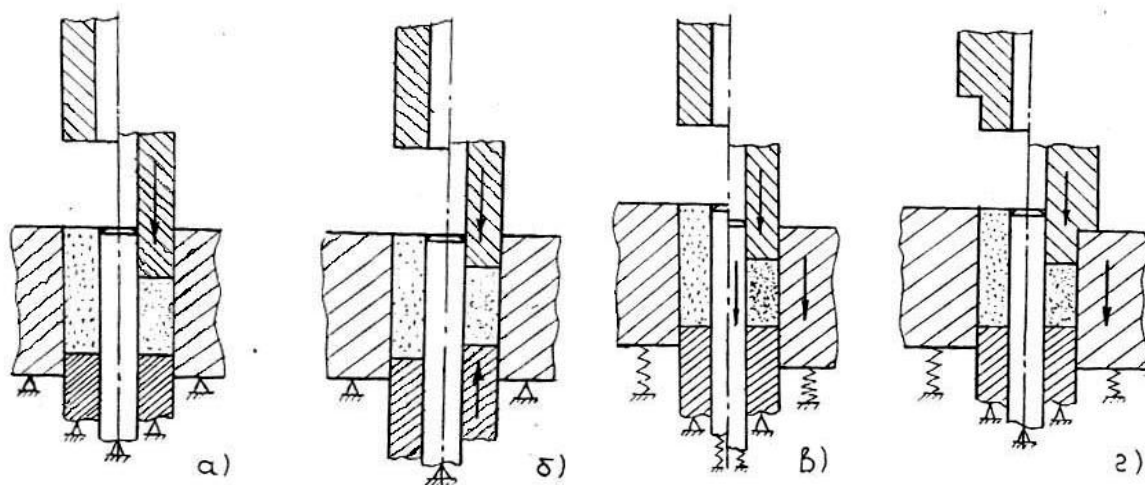


Рис. 1. Основные схемы получения прессовок в холодных пресс-формах:

- а) одностороннее прессование; б) двустороннее прессование;
- в) двустороннее прессование с «плавающей» матрицей;
- г) двустороннее прессование с принудительным перемещением матрицы.

Для определения технологических свойств необходимо проводить исследовательскую работу по этапам всей технологии получения порошкового изделия: подготовка порошковой смеси, прессование, спекание и калибрование.

В результате получают следующие данные:

- насыпная плотность шихты γ_n , г/см³;
- текучесть шихты, с;

- уплотняемость и формуемость шихты;
- плотность прессовки $Y_{\text{ПР}}$, г/см³ и одновременно пористость в %;
- упругое последствие при прессовании или калибровании по линейным размерам во всех направлениях в % ($A_{\text{П}}$, $A_{\text{К}}$) или в абсолютных величинах ($l_{\text{П}}$, $l_{\text{К}}$) мм;
- усадку (рост) по линейным размерам при спекании в % (β) или в абсолютной величине, мм (ε);
- уменьшение массы прессовки при спекании за счет выгорания смазки, восстановления оксидов и др. факторов, % (ξ);
- прирост плотности при калибровании (или допрессовании изделия в % (θ);
- величину припуска под калибрование или механическую обработку спеченного изделия ($\Pi_{\text{К}}$).

Расчет размеров. Основными деталями являются: матрица, стержень, верхний и нижний пуансоны.

Расчет размеров матрицы

Общая высота матрицы, мм:

$$H_{\text{М}} = H_{\text{З}} + h_{\text{В}} + h_{\text{Н}} \quad (1)$$

где $H_{\text{В}}$ – высота загрузочной камеры, мм;

$h_{\text{В}}$, $h_{\text{Н}}$ – величина заходов верхнего и нижнего пуансонов в начале прессования (при упрощенном расчете принимаются соответственно 0 и 5...10 мм).

$$H_{\text{З}} = k \cdot H_{\text{ПР}} \quad (2)$$

где k – коэффициент уплотнения шихты

$$k = Y_{\text{ПР}} / Y_{\text{Н}} \quad (3)$$

$H_{\text{ПР}}$ – высота прессовки с учетом упругих последствий, усадки (роста) при спекании и припуска на калибрование, мм;

$$H_{\text{ПР}} = H - l_{\text{П}} \pm \varepsilon \pm \Pi_{\text{К}} \quad (4)$$

где H – номинальная высота готовой детали, мм;

\pm – плюс ставится при усадке в процессе спекания, а минус при росте.

Размер рабочей полости матрицы

– Минимальный (начальный) размер, мм

$$D_{\text{М}} = D_{\text{МИН}} - l_{\text{П}} \pm \varepsilon \pm \Pi_{\text{К}} \quad (5)$$

где $D_{\text{МИН}}$ – минимально допустимый размер готовой детали, мм.

– Максимально допустимый (конечный) размер, мм:

$$D'_{\text{М}} = D_{\text{МАХ}} - l_{\text{П}} \pm \varepsilon \pm \Pi_{\text{К}} \quad (6)$$

где $D_{\text{МАХ}}$ – максимально допустимый размер готовой детали, мм.

– Припуск на износ матрицы, мм:

$$\Delta = D'_{\text{М}} - D_{\text{М}} - A_{\text{М}} \quad (7)$$

где $A_{\text{М}}$ – действительный допуск начального размера рабочей полости матрицы при её изготовлении, мм.

Расчет размеров стержня

– Максимально допустимый, мм:

$$d_{\text{СТ}} = d_{\text{МАХ}} - l_{\text{П}} \pm \varepsilon \pm \Pi_{\text{К}} \quad (8)$$

где $d_{\text{МАХ}}$ – максимально допустимый размер отверстия готовой детали, мм.

— Минимально допустимый, мм:

$$d'_{CT} = d_{MIN} - \ell_{II} \pm \varepsilon \pm P_K \quad (9)$$

где d_{MIN} - минимально допустимый размер отверстия готовой детали, мм.

Размеры пуансонов

Размеры пуансонов назначаются исходя из минимального размера матрицы, максимального размера стержней и рекомендуемых допусков на изготовление сопрягаемых подвижных деталей пресс-формы (Таблица 1).

Таблица 1

Рекомендуемые допуски на изготовление сопрягаемых подвижных деталей пресс-форм

Диаметр сопрягаемых деталей, мм	Допуски и зазор при посадках, мкм					
	H7/d6			H7/f7		
	допуск отв.	допуск вала	зазор min/max	допуск отв.	допуск вала	Зазор min/max
3-6	+ 12	- 30	30/50	+ 12	- 10	10/34
	0	- 38		0	- 22	
6-10	+ 15	- 40	40/64	+ 15	- 13	13/43
	0	- 49		0	- 28	
10-18	+ 18	- 50	50/79	+ 18	- 16	16/52
	0	- 61		0	- 34	
18-30	+ 21	- 65	65/99	+ 21	- 20	20/62
	0	- 78		0	- 41	
30-50	+ 25	- 80	80/121	+ 25	- 25	25/75
	0	- 96		0	- 50	
50-80	+ 30	- 100	100/149	+ 30	- 30	30/90
	0	- 119		0	- 60	
80-120	+ 35	- 120	120/177	+ 35	- 36	36/106
	0	- 142		0	- 71	
120-180	+ 40	- 145	145/210	+ 40	- 43	43/123
	0	- 170		0	- 83	

Составление рабочих чертежей пресс-формы требует выбора:

1. Допусков и посадок.
2. Допусков на отклонение взаимного расположения и геометрической формы деталей пресс-форм и элементов поверхности этих деталей.
3. Шероховатости поверхностей деталей пресс-форм.

Допуски и посадки обычно определяются нормальными. Нормаль H35-71 для сопрягаемых деталей пресс-форм основными посадками рекомендует выбирать H7/d6 или H7/f7. Допуски для этих посадок представлены в таблице 1.

Допуски на отклонение взаимного расположения и геометрической формы

1. Отклонение от плоскостности верхней торцевой поверхности матрицы
 $\leq 0,01/100$ мм.
2. Отклонение от параллельности опорных поверхностей верхнего и нижнего пуансонов и стержня относительно верхней торцевой поверхности матрицы
 $\leq 0,01/100$ мм.

3. Отклонение от перпендикулярности образующей внутренней поверхности матрицы к верхней торцевой поверхности

$$\leq 0,02/100 \text{ мм.}$$

4. Отклонение от параллельности хода прессующего пуансона, стержня и выталкивателя относительно внутренней поверхности матрицы

$$\leq 0,02/100 \text{ мм.}$$

5. Отклонение от перпендикулярности направляющих поверхностей колонок относительно верхней торцевой поверхности матрицы

$$\leq 0,02/100 \text{ мм.}$$

6. Отклонение параллельности плоскостей прилегания опорных плит, подставок и других деталей

$$< 0,01/100 \text{ мм.}$$

7. Эксцентриситет, конусность, овальность в пределах допуска на диаметр.

Основными рекомендациями по шероховатости поверхностей являются следующие значения:

$R_A 0,20...0,25$ – для ходовых посадок;

$R_A 0,1$ – для формующих поверхностей;

$R_A 1,0...1,25$ – для обычных поверхностей.

В качестве материала для изготовления основных деталей пресс-формы применяются высокопрочные инструментальные стали или твердые сплавы. Стали в обязательном порядке подвергаются термической, либо химико-термической обработке.

В данной работе предлагается выбирать материал и их ТО и ХТО на основании некоторых рекомендаций, изложенных в таблице 2 с учетом относительных затрат на изготовление пресс-форм (Таблица 3)

Таблица 2

Свойства материалов и условия работы пресс форм для прессования порошков

Материал рабочих частей пресс-форм	Вид термообработки, *	Твердость, HRC	Микротвердость поверхностного слоя, МПа	Износ за 5 тыс., прессований, мкм	
				матрицы	стержня
У10А	1	62	–	14,2	9,2
	2	58-60	10500	8,5	7,2
	3	38-42	8000	10	8,25
	4	60	11500	8,6	2,6
3Х2В8Ф	1	40-50	–	–	–
	2	40-42	15000	1	1,6
	3	38-45	9500	5,6	4,8
	4	41-42	12200	7,2	4,8
ХВГ	1	62	–	8,3	6
	2	61-62	12200	3,8	2
	3	48-54	10500	5,3	4,2
	4	57-60	15000	5	3
Х12М	1	62-63	–	4	3,6
	2	58-60	18000-20000	1,7	0,83
	3	55	10500	2,5	2,3
	4	60-61	13000-15000	2,4	0,86

Продолжение таблицы 2

Материал рабочих частей пресс-форм	Вид термообработки, *	Твердость, HRC	Микротвердость поверхностного слоя, МПа	Износ за 5 тыс., прессований, мкм	
				матрицы	стержня
P6M5	1	63	–	2,4	–
	2	65-68	19000-21000	1,7	–
	3	60	11000	2	–
	4	52-54	18000	1,9	–
ВК20	–	69	–	0,8	–
T50HC	–	69	–	2,7	–

* 1 – закалка с отпуском, 2 – борирование и закалка, 3 – закалка и азотирование, 4 – диффузионное хромирование и закалка.

Таблица 3

Приведенные относительные затраты на изготовление пресс-форм

Материал рабочих частей пресс-форм	Вид ТО, *	Относительные затраты на изготовление пресс-формы			Стойкость пресс-форм, тысяч шт.	Относит, затраты на 1т пресс., % к этал.
		материал в % к общим	обработка в % к общим	общие в % к эталону		
У10А	1	1	99	75	8,5	620
	2	17	83	104	13,5	540
	3	15	85	98,5	13,5	510
	4	4	96	84	12	500
	1	9	91	82	-	-
3Х2В8Ф	1	9	91	82	–	–
	2	22	76	110	16,5	475
	3	20	80	104	100	74
	4	11	89	90	21	306
	1	2,5	97,5	76	21	306
ХВГ	1	2,5	97,5	76	14,5	370
	2	18	82	105	24	306
	3	16	84	100	21,5	220
	4	6	94	85	21,5	264
	1	3	97	77	21,5	264
Х12М	1	3	97	77	30	179
	2	18	82	105	50	147
	3**	16	84	100	70,5	100
	4	6	94	85	48	124
	1	10	90	83	48	124
	2	22	78	111	63	123
P6M5 (матрица)	1	10	90	83	50	115
	2	22	78	111	63	123
	3	21	79	105	70	105
	4	10	90	105	57	112
1	18	82	169	150	78	
ВК20 (матрица)		18	82	169	150	78

* 1 – закалка с отпуском, 2 – диффузионное хромирование и закалка, 3 – борирование и закалка, 4 – закалка и азотирование.

** – эталон

Список литературы

1. Кипарисов, С.С. Оборудование предприятий порошковой металлургии. / С.С. Кипарисов, О.В. Падалко М.; Металлургия, 1988. 448 с.
2. Огневой, В.Я. Прессование порошков, пластмасс и композитов / В.Я. Огневой. Барнаул; Изд-во АлтГТУ, 2010, 100с.

МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

В.Н. Ожерельев, В.В. Сомин

Брянский государственный аграрный университет

Аннотация. Охарактеризованы средства производства фермеров при выращивании ягод земляники садовой, показаны пути решения вопросов, которые позволят достичь повышения производительности труда.

Ключевые слова: *механизированная технология, земляника садовая, производительность труда.*

MECHANIZED STRAWBERRY CULTIVATION TECHNOLOGY

V.N. Ozherelyev, V.V. Somin

Bryansk State Agrarian University

Abstract. There are characterized means of production of farmers in the cultivation of strawberries garden, are shown solutions that will allow to increase productivity.

Keywords: *mechanized technology, garden strawberries, labor productivity.*

В современном сельском хозяйстве производство плодово-ягодной продукции отличается наиболее высокой долей ручного труда, вследствие чего крупные сельскохозяйственные предприятия, как правило, оказываются не заинтересованными в выращивании таких трудоёмких культур.

Одной из наиболее трудоёмких ягодных культур является земляника садовая [1, 2]. До введения санкций значительную часть её ягод на территорию России ввозили из Польши, Нидерландов и Беларуси. Заполнить освободившуюся в результате контрсанкций рыночную нишу должны отечественные сельхозпроизводители, активно участвующие в реализации программы импортозамещения.

Как правило, в ягодоводстве задачу импортозамещения решают личные подсобные и небольшие фермерские хозяйства, имеющие предельно низкий уровень механизации и рационализации труда. Это обусловлено тем, что такие ягодоводы не имеют возможности для приобретения дорогостоящих технических средств, обычных для крупных предприятий. В результате низкой производительности труда себестоимость ягод высокая, вследствие чего они не могут конкурировать на рынке с импортной продукцией, поставляемой, например, из Турции [3, 4].

Целью нашего исследования является совершенствование технологии возделывания земляники садовой и обоснование конструктивно-

технологические параметров средств механизации и рационализации труда, приемлемых для условий небольшого крестьянско-фермерского хозяйства.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- изучить особенности возделывания земляники садовой по действующей в базовом фермерском хозяйстве технологии;
- провести математическую обработку результатов исследований;
- выявить приоритетные проблемы, подлежащие первоочередному решению;
- изыскать перспективные конструктивно-технологические решения, пригодные для практической реализации в условиях небольшого фермерского хозяйства.

В качестве базового хозяйства для проведения исследований принято крестьянско-фермерское хозяйство (к(ф)х) Стекачевых в Почепском районе Брянской области. В настоящее время в хозяйстве используется технология, приведенная в таблице 1.

Таблица 1

Технология возделывания земляники садовой в к(ф)х Стекачевых

№ пп	Технологическая операция	Сроки выполнения	Способ выполнения	Необходимость проектирования или применения средств механизации
1	2	3	4	5
<u>Летне-осенний период с 10 июля по 15 октября</u>				
1	Разметка и подготовка участка под основную обработку	10 - 15 июля	Ручной труд	Нет
2	Внесение удобрений в зону посадки	10 - 15 июля	Ручной труд	Да
3	Глубокое рыхление с перемешиванием почвы и удобрений	10 - 15 июля	Мотоблок «салют», «нева»	Нет
4	Выкапывание и подготовка рассады	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
5	Разметка схемы посадки и подготовка лунок	15 июля - 15 августа	Ручной труд	Да
6	Посадка рассады по схеме 30 х 70 см	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
7	Полив рассады прикорневой	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
8	Затенение на 5 дней	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
9	Мульчирование	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
10	Установка системы полива	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Нет
11	Полив через 3-7 дней (при отсутствии дождя)	15 июля – 15 августа	Дождевальная установка	Нет

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
12	Рыхление почвы в междурядьях	15 июля – 15 августа	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет
13	Полив через 3-7 дней (при отсутствии дождя)	15 июля – 15 августа	Дождевальная установка	Нет
14	Рыхление почвы в междурядьях	15 июля – 15 августа	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет
15	Химическая обработка от вредителей и болезней	15 августа – 15 сентября	Ранцевый моторизованный опрыскиватель	Да для больших участков
16	Подкормка растений укрепляющая перед зимовкой	15 сентября - 15 октября	Ручной труд	Да
17	Междурядная обработка с заделкой удобрений	15 сентября - 15 октября	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет
18	Подготовка плантации к зимовке	15 сентября - 15 октября	Ручной труд	Да
<u>1 год использования земляники садовой</u>				
<u>Весна</u>				
1	Подкормка растений минеральными удобрениями	1-15 апреля	Ручной труд	Да
2	Рыхление и задержание влаги	1 апреля-1 мая	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет
3	Химическая обработка от вредителей и болезней	1 апреля-15 мая	Ранцевый моторизованный опрыскиватель	Да для больших участков
4	Прополка посадок от сорняков	1 мая – 1 июня	Ручной труд	Да
5	Установка системы полива	1 мая – 1 июня	Ручной труд	Нет
6	Междурядная обработка для разрушения почвенной корки и уничтожения сорняков после каждого дождя или полива	1 мая – 1 июня	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет
<u>во время цветения</u>				
7	Обработка растений микроэлементами	1 мая – 1 июня	Ручной труд	Да для больших участков
8	Привлечение пчёл (выставление сиропов)	1 мая – 1 июня	Ручной труд	Нет
<u>в период от цветения до созревания</u>				
9	Полив посадок водой для формирования урожая 2-4 м ³ на 100 м ²	1 – 15 июня	Дождевальная установка	Нет
10	Рыхление междурядий	1 – 15 июня	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
11	Полив водой через 10-15 дней (при отсутствии дождей)	20 - 30 июня	Дождевальная установка	Нет
13	Рыхление междурядий	20 - 30 июня	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет
14	Укладка соломы в междурядья перед созреванием и плодоношением для чистоты ягод	15 – 25 июня	Ручной труд	Да
<u>Уборка ягод</u>				
15	Сбор ягод по мере созревания через день или каждый день	20 июня – 10 июля	Ручной труд	Да
16	Сортировка ягод	20 июня - 10 июля	Ручной труд	Да
17	Загрузка ягод в склад хранения и на транспорт	20 июня - 10 июля	Ручной труд	Да
18	Реализация	20 июня – 20 июля	Вывоз ягод на рынок сбыта	Нет
19	Уборка соломы после сбора ягод	10 - 15 июля	Ручной труд	Да
<u>заготовка рассады</u>				
20	Заготовка посадочного материала	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
21	Посадка новой плантации	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
22	Химическая обработка от вредителей болезней	15 июля – 15 августа	Ранцевый моторизованный опрыскиватель	Да для больших участков
23	Прополка сорняков	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
24	Удаление лишних усов	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
25	Подкормка минеральными удобрениями	15 сентября - 15 октября	Ручной труд	Да
26	Междурядная обработка	15 сентября - 15 октября	Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет
27	Подготовка плантации к зимовке	15 сентября - 15 октября	Ручной труд	Нет
28	Снятие системы полива	15 сентября - 15 октября	Ручной труд	Нет
<u>2 год использования земляники садовой</u>				
<u>Весенне-летний период</u>				
	Операции те же до уборки включительно	То же	То же	-
<u>После уборки ягод</u>				
	Прополка и омолаживание плантации	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
	Скашивание и уборка листьев	15 июля – 15 августа	Триммер, Ручной труд	Да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
	Подкормка растений	15 июля – 15 августа	Ручной труд	Да
	далее операции те же, что и в первый год использования	То же	То же	-
3 год использования земляники садовой				
	Операции те же до уборки ягод включительно, что и в 1 год использования	То же	То же	-
	После уборки ягод скашивание и глубокая вспашка с запахиванием старых посадок	15 июля – 15 августа	Триммер, Мотоблок «Салют», «Нева»	Нет

В результате обработки приведенной выше технологической карты на персональном компьютере в программе Microsoft Office Excel построен график потребности хозяйства в работниках (рис. 1).

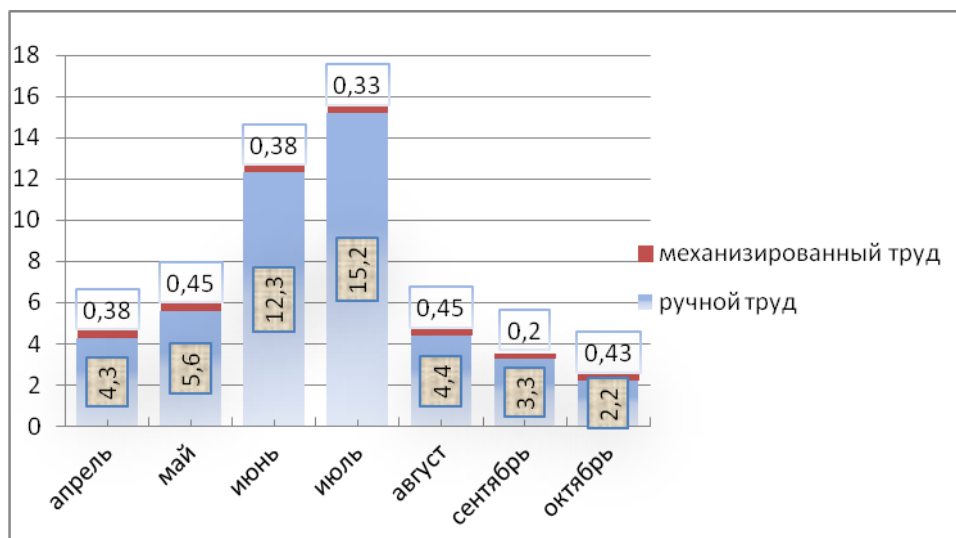


Рис. 1. Потребность в работниках по месяцам года в КФХ Стекачевых

В связи с высокой степенью неравномерности потребности в рабочей силе для выполнения наиболее трудоёмких операций фермер нанимает сезонных рабочих, что существенно повышает себестоимость единицы продукции. Следовательно, приоритет должен быть отдан созданию приемлемых средств рационализации сбора ягод в июне и июле. При этом следует иметь в виду, что большинство работ по уходу и при уборке выполняется на нижнем уровне (рис.2), в положении «на корточках» или при наклоне головы ниже таза (при прямых ногах). Это приводит к повышенной утомляемости, развитию у работников профессиональных заболеваний и существенному уменьшению производительности труда.



Рис. 2. Рабочее положение работника при сборе ягод и прополке.

Решить указанную проблему позволит трехколесная уборочно-транспортная платформа [5, 6], первый вариант которой изготовлен и будет испытан в хозяйстве летом 2019 года (рис. 3). Сборщик 6 удобно размещается на регулируемом сиденье 2. При этом ряд земляники 5 находится непосредственно перед ним (между ног), что облегчает доступ рук сборщика к ягодам 5. По мере сбора ягод сборщик отталкивается ногами от поверхности двух междурядий и перемещается таким образом в новую рабочую позицию.

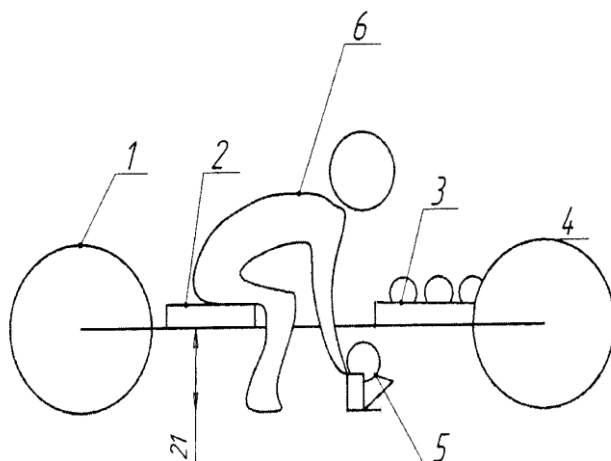


Рис. 3. Схема уборочно-транспортной платформы:

- 1 – колесо направляющее; 2 - регулируемое сиденье сборщика; 3 - подставка для тары с урожаем; 4 - колесо опорное; 5 - плодоносящее растение; 6 - сборщик

Среди операций ухода наиболее трудоемкой является работа с мульчирующей соломой. В настоящее время ее приходится укладывать в междурядья и убирать ручными вилами. В связи с этим, наряду с платформой, ведётся разработка размотчика-укладчика рулонов соломы в междурядья. В настоящее время осуществлен обзор конструкций и предварительно принята конструктивная схема оборудования (рис. 4).

Вывод. Практическая реализация двух приведенных выше средств рационализации труда на плантации земляники садовой позволит уменьшить трудоемкость производства ягод в к(ф)х в 1,5 – 1,7 раза.

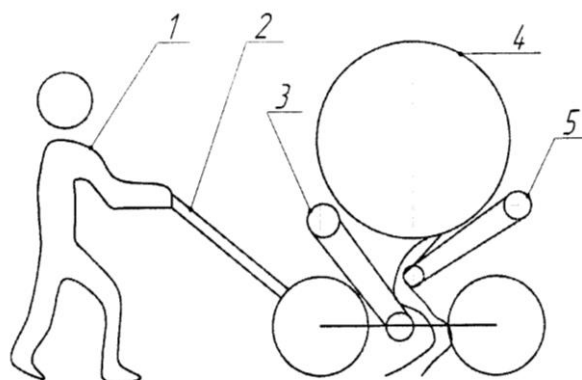


Рис. 4. Схема проектируемого размотчика-укладчика рулонов соломы в междурядья земляники садовой:

1 - оператор; 2 - органы управления; 3, 5 - транспортёры приводные;
4 - разматываемый рулон соломы

Список литературы

1. Айтжанова С.Д., Садовая Земляника: Учебное пособие. / С.Д. Айтжанова, И.И. Чухляев. Брянская ГСХА, 2005. 94 с.
2. Вилле Матала. Выращивание земляники. / Вилле Матала. С.-Петербург. 2003. 210с.
3. Ожерельева М.В. Экономические основы эффективного ягодоводства. / М.В. Ожерельева. Брянск: изд. Брянской ГСХА, 2007. 217с.
4. Ожерельева М.В. Теоретические, методические и прикладные аспекты размещения предприятий плодово-ягодного подкомплекса АПК в Центральном федеральном округе РФ. Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / ФГОУ ВПО «Курская государственная сельскохозяйственная академия». Курск, 2008. 312с.
5. Ожерельев В.Н., Ягоды. Практические рекомендации по выращиванию для себя и на продажу. / В.Н. Ожерельев, М.В. Ожерельева М.: Колос, 2006. 152с.
6. Ожерельев В.Н. Трансформация представлений о механизации и рационализации сбора ягод земляники садовой / В.Н. Ожерельев, А.В. Иващенко // Вестник Брянской ГСХА. 2018. №2(66). С. 46 – 51.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Г.А. Околович, А.В. Габец, Е.О. Чертовских

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. Разработаны режимы регулируемой термообработки, обеспечивающие повышение эксплуатационной надежности крупных железнодорожных деталей тележки грузового вагона. Проанализированы особенности формирования дисперсной феррито-перлитной структуры под воздействием низких скоростей охлаждения. Проведены исследования влияния особенностей термообработки на ударную вязкость при отрицательных температурах.

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, ударная вязкость, феррито-перлитная структура, усталостная прочность.

STRUCTURAL STEEL OF THE RAILWAY CAST

G.A. Okolovich, A.V. Gabets, E.O. Chertovskih
Polzunov Altai State Technical University

Abstract. Develop a regime controlled heat treatment, rose-solution ensuring operational reliability of large railway parts of the freight car. The features of the control ferrite-pearlite structure due to the low cooling rates. The effect of heat treatment on the characteristics of toughness at low temperatures.

Keywords: carbon steel, ferrite-pearlite, fatigue strength.

Боковые рамы и надрессорные балки являются несущими элементами тележек грузовых вагонов. Они работают в условиях повышенных циклических нагрузок и степень их эксплуатационной надежности во многом определяет уровень безопасности движения, величину межремонтных пробегов, экономические показатели транспортных процессов.

Существующая нормативная база изготовления надрессорных балок и боковых рам не отвечает современным требованиям к уровню эксплуатационной надежности деталей. Детали изготавливаются из сталей 20ГФЛ, 20ГЛ, 20ГТЛ массой по 500 кг.

Действующий отраслевой стандарт ОСТ 32.183-2001 и ТТЦВ-31-695-2006 ориентирован только на детали тележки модели 18-100, которая, прослужив несколько десятков лет, исчерпала свой ресурс.

В настоящее время существует свыше 20 различных конструкций тележек грузовых вагонов, поэтому возникла острая необходимость в универсализации стандарта, регламентирующего требования к качеству боковых рам и надрессорных балок. В результате разработан единый нормативный регламент изготовления и приёмки продукции в странах СНГ (Грузии, Балтии) являясь межгосударственным стандартом. С 1 июля 2014 года вводится в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 32400-2013 «Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия». В разделе механических свойств установлены требования, обязывающие детали рамы и балки термообрабатывать – нормализация или нормализация с отжигом I рода, что предусматривает повышение уровня хладостойкости стали в части ударной вязкости KCV⁻⁶⁰. Показатель ударной вязкости вводится как обязательный (браковочный) с повышением его величины с 1,7 до 2,0 КДж/ м² (к 01.01.2016г.). Для получения требуемого значения ударной вязкости KCV⁻⁶⁰ проектом стандарта вводится обязательная продувка жидкого металла инертным газом. Это дает возможность повысить его чистоту по неметаллическим включениям.

Для многих металлов при определенных температурах изменяется механизм разрушения. Температурный интервал изменения характера

разрушения называют порогом хладноломкости. Положение порога хладноломкости зависит от многих факторов:

1) структуры и размера зерна (измельчение зерна понижает порог хладноломкости);

2) состава металла (вредное влияние имеют многие загрязняющие металл примеси);

3) скорость деформации (увеличение скорости деформации повышает порог хладноломкости);

4) размер детали (большее сечение имеет выше порог хладноломкости).

Таким образом вид разрушения изделия зависит от химического состава металла, его структурного состояния, условий нагружений и температуры эксплуатации.

Относительно формы трещины следует отметить, что надрез (концентратор) не влияет на порог хладноломкости. Это обстоятельство объясняется тем, что на дне надреза возникает вначале трещина и вне зависимости от исходного концентратора напряжения состояние в устье трещины становится одинаковым (хотя оно было существенно разным до возникновения трещины) [1]. Таким образом, надежным конструкционным материалом является такой, в котором работа распространения трещины не равна нулю. Т.е. запас вязкости не может быть равным нулю, так как возможно появление в процессе эксплуатации ухудшающих вязкость (повышающих порог хладноломкости) обстоятельств, а это приведет к охрупчиванию материала. В соответствии с этим, положение порога хладноломкости характеризует сопротивление хрупкому разрушению.

Чем ниже положение порога, тем более надёжен материал, так как охрупчивающие факторы могут ещё и не привести его в состояние, склонное к хрупкому разрушению. Таким образом, выше порога хладноломкости материал тоже может быть ненадёжным, если мало абсолютное значение работы распространения трещины (a_p). Поэтому надо стремиться к повышению этой величины, характеризующей сопротивление вязкому разрушению.

Работу распространения трещины получают испытанием (по Я.Б. Фридману и Б.А. Дроздовскому) ударных образцов с заранее нанесенным надрезом с радиусом $R=0,25$ мм. Поэтому при массовых приёмо-сдаточных испытаниях (для установления степени надёжности материала) проводят испытание на одном типе образца, при одной, реже двух температурах [1]. При этом определяют, проходит ли по кондиции материал. Например, (в нашем случае) норма по техническим условиям $KCV^{-60} = 20$ КДж/м². Это значит, что ударная вязкость при -60°C более 20 КДж/м² - материал годен, а менее 20 КДж/м² - не годен.

При термообработке на предприятии детали крупного литья массой по 500 кг имеют низкую скорость охлаждения $7^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ (рис.1, 2), что приводит к образованию критичного зерна не более $7\div 8$ балла и низким значением ударной вязкости зачастую не более нормативных требований $16,7$ Дж/см².

Определение сопротивления хрупкому разрушению проводили на KCV^{-60} тип I ГОСТ 9454 для выявления в дальнейшем порога хладноломкости. Другими

словами, при построении серийной кривой важно изменение вида излома (содержание вязкой составляющей, %). Известно, что вязкость низкоуглеродистых низколегированных сталей при отрицательных температурах резко снижается. Повышение порога хладноломкости достигается легированием никелем.

При охлаждении по режиму $T=940\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t=30\text{ мин}$, $V=6\text{ }^{\circ}\text{C/сек}$, (рис.3, а) высокая скорость охлаждения приводит, по-видимому, к формированию участков структуры верхнего бейнита, снижающего ударную вязкость до $12,5\text{ Дж/см}^2$. Отметим, что при снижении температуры нормализации до $860\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.3, а) высокая скорость охлаждения $7\text{ }^{\circ}\text{C/сек}$ приводит к уменьшению доли фрагментов верхнего бейнита, что повышает ударную вязкость до $23,6\text{ Дж/см}^2$. Можно полагать, одной из причин этого вероятно является более мелкозернистая структура исходного аустенита, которая, как известно, затрудняет промежуточное превращение, способствуя образованию перлита [3].

На рис.3 представлена тенденция увеличения уровня ударной вязкости при понижении температуры нагрева и увеличении времени выдержки. Таким образом высокие температуры нормализации при длительной выдержке отрицательно влияют на ударную вязкость. При снижении температуры нормализации до $860\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.6, г), необходимо увеличение времени выдержки до 60 мин и применение охлаждения со скоростью $3,5\text{ }^{\circ}\text{C/сек}$.

Появление дополнительной фазы в виде верхнего бейнита в феррито-перлитной структуре приводит к возникновению внутренних напряжений 2 рода связанных с воздействием на поверхность при термообработке. К таким напряжениям относят напряжения нарушающие равновесную систему, локализующихся в пределах одного или нескольких кристаллических зерен. В результате приложение нагрузки к материалу не проходит бесследно, напряжения под действием нагрузки постепенно накапливаются и изменяют физико-механические свойства материала. При этом происходит сложение внешних растягивающих напряжений с внутренними того же знака, что приводит к разрушению материала при небольших напряжениях. Из практики отмечены противоречивые случаи при усталостных испытаниях. По установленной теории об усталостных разрушениях следует, что напряжения больше выносливости материала приводят к формированию в верхних слоях усталостных микротрещин. Трещины активно развиваются во время работы механизма и приводят к разрушению. В испытательном центре установлено, что рамы боковые зачастую выдерживают на 10-15% большее количество циклов при повышенных нагрузках, нежели чем при меньших (нагрузки изменяются от 45-90 т, с частотой 5 Гц испытание продолжается до 10 млн. циклов) вследствие наклепа.

Выводы

1. Нормализация массивных деталей при перегреве на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше A_{c3} и увеличенном времени выдержки приводит к росту аустенитных зерен, что в свою очередь снижает усталостную прочность материала, в особенности при пониженных температурах, когда продукты фазового превращения имеют грубую угловатую форму перлита, выраженную в виде ячеистого перлита.

2. Доказано, что увеличение скорости охлаждения до 6...7°С/сек, при высоких температурах нормализации (940°С) формирует верхний бейнит, а при граничных (860°С) наоборот область промежуточных превращений обеспечивает формирования феррито-перлитной структуры с включениями нижнего бейнита, повышающего ударную вязкость.

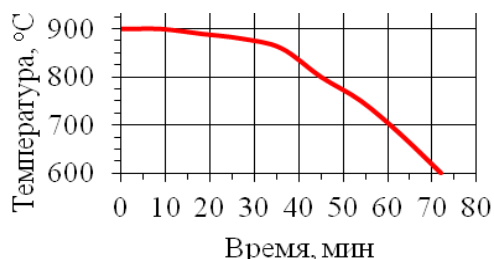


Рис.1. Кривая охлаждения детали «Рама боковой» после нормализации по режиму 940°С, время выдержки 3 часа

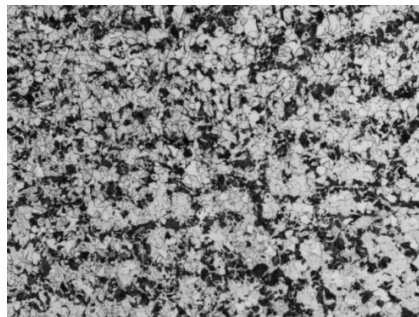
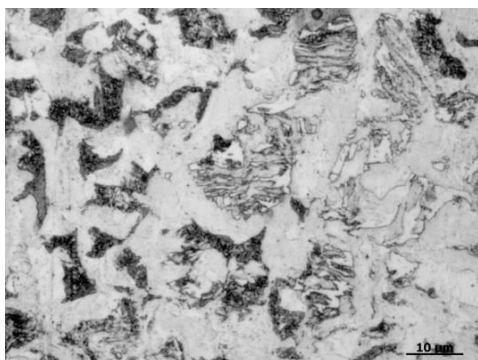
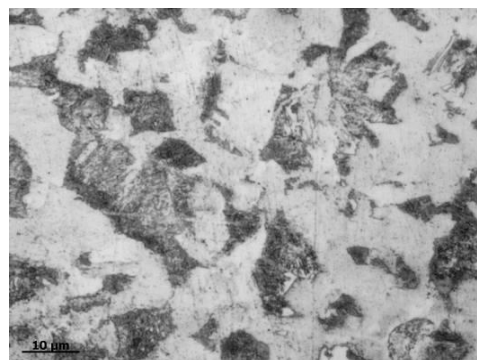


Рис.2. Микроструктура детали «Рама боковая» после нормализации в проходной печи (KCV⁻⁶⁰: 5,1÷10 Дж/см²), x100



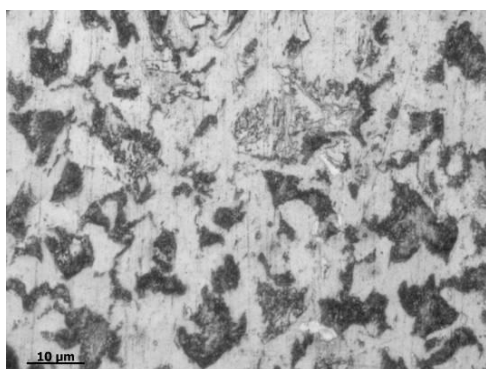
а

T=940 °C, t=30 мин, V=6 °C/сек,
KCV⁻⁶⁰=12,5 Дж/см²



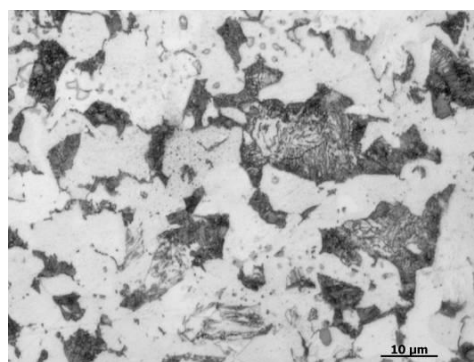
б

T=940 °C, t=30 мин, V=4,5 °C/сек,
KCV⁻⁶⁰=30,8 Дж/см²



в

T=860 °C, t=60 мин, V=7°С/сек,
KCV⁻⁶⁰=23,6 Дж/см²



г

T=860 °C, t=60 мин, V=3,5°С/сек,
KCV⁻⁶⁰=38,5 Дж/см²

Рис.3. Микроструктура стали 20ГФЛ после управляемого охлаждения, x1000

3. Время выдержки деталей в печи при граничных температурах нормализации следует увеличивать, и применять скорости охлаждения 3°C/сек, что обеспечивает ударную вязкость $KCV^{-60} = 38,5$ Дж/см².

4. Для низкоуглеродистых сталей рекомендовано применять отпуск 600°C с выдержкой не менее 1 часа, применение высокого отпуска 680°C при таком же времени выдержки приведет к охрупчиванию стали, в результате формирования перьевидного мартенсита отпуска.

Список литературы

1. Гуляев А.П. Металловедение, М: Металлургия, 1986 г., 540 с.
2. Адашкин А.М. Материаловедение в машиностроении / М.:Юрайт, 2012, 535 с.
3. Владимиров В.И. Физическая природа разрушения металлов . М.: Металлургия, 1984, 280 с.

УДК 631.311.7

УДАЛЕНИЕ КРУПНЫХ ПНЕЙ ИХ ВЫРЕЗАНИЕМ ПО СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

С.Н. Орловский, М.А. Кашитская

Красноярский государственный аграрный университет

Аннотация. Выполнен обзор конструкций устройства для корчевания пней. Предложено корчевальное устройство, которое обеспечивает возможность извлечения крупных пней при использовании энергетических средств средней мощности благодаря снижению энергоёмкости процесса и более равномерному распределению потребляемой энергии во времени. Применение рассматриваемого устройства исключает вынос плодородного слоя почвы вместе с пнями. Рассмотрена теория резания грунта с корневыми включениями по сферической поверхности без разрушения всего объёма разрабатываемой среды.

Ключевые слова: корчёвка, способы, вырезание, агрегат, конструкция, работа, отряхивание, погрузка.

REMOVAL OF LARGE KEYS BY THEIR CUT BY SPHERICAL SURFACE

S.N. Orlovsky, M.A. Kashitskaya

Krasnoyarsk State Agrarian University

Abstract. A review of the structure of the device for stump clearing. A korchevalny device has been proposed, which provides the possibility of extracting large stumps when using energy means of average power due to a decrease in the energy intensity of the process and a more uniform distribution of energy consumed over time. The use of the considered device eliminates the removal of fertile soil with stumps. The theory of cutting soil with root inclusions on a spherical surface without destroying the entire volume of the developed medium is considered.

Keywords: *rooting, methods, cutting, unit, construction, work, shaking off, loading.*

Качество подготовки почвы почвообрабатывающими орудиями зависит от

количества пней. Применяются следующие способы удаления пней: сплошная раскорчевка; частичная раскорчевка на полосах; фрезерование надземной части пней; рыхление почвы полосами с фрезерованием пней. Каждый из этих способов имеет достоинства и недостатки. Сплошная раскорчевка применяется редко из-за высокой энергоемкости. Особенно осторожно к последствиям полосной раскорчевки необходимо относиться в таежной зоне, так как на раскорчеванных полосах площадь минерализованных участков достигает 40 %. На них образуются ямы, в которых застаивается вода и при подготовке почвы и посадке сеянцев гусеницы тракторов погружаются в почву и увеличивают их глубину [1].

Пни корчуют следующими тремя способами: запрокидывают на сторону действием горизонтальной силы; выдергивают действием вертикальной силы; выкручивают путем вращения вокруг вертикальной оси [2, 3].

Целью данного исследования является разработка теоретических основ проектирования малоэнергетического корчевателя пней, обеспечивающего их вырезание без существенного нарушения почвы. С энергетической точки зрения корчевание путем разрыва корней нерационально. При корчевании сопротивление достигает максимума только в момент разрыва наибольшей части корней. Основную часть рабочего времени мощность трактора полностью не используется.

Анализ патентных материалов показывает, что поиски наиболее совершенных средств для удаления пней ведутся с использованием следующих приемов: применение вибрации; раскалывания пней на части; полного измельчения на месте; вырезания путем разделения корней пассивными ножами; вырезания путем снятия стружки.

Применение вибрации предложено с целью снижения усилий корчевания. Достижение этой цели возможно при условии, когда деформация извлекаемого тела, по сравнению с амплитудами его вынужденных колебаний, настолько мала, что его можно считать абсолютно жестким. Пни, охватывающие большой объем почвы гибкими корнями, представляют собой упругую систему. Поэтому вибрация пней не может дать значительного снижения усилий. Достоинством способа является возможность частичной очистки извлеченных пней от почвы.

Раскалывание пней имеет тот недостаток, что для извлечения их требуются дополнительные технические средства. Измельчение пней на месте сохраняет плодородие почвы и устраняет необходимость операций по сбору и транспортированию пней. Недостатки - большая энергоемкость процесса, низкая производительность.

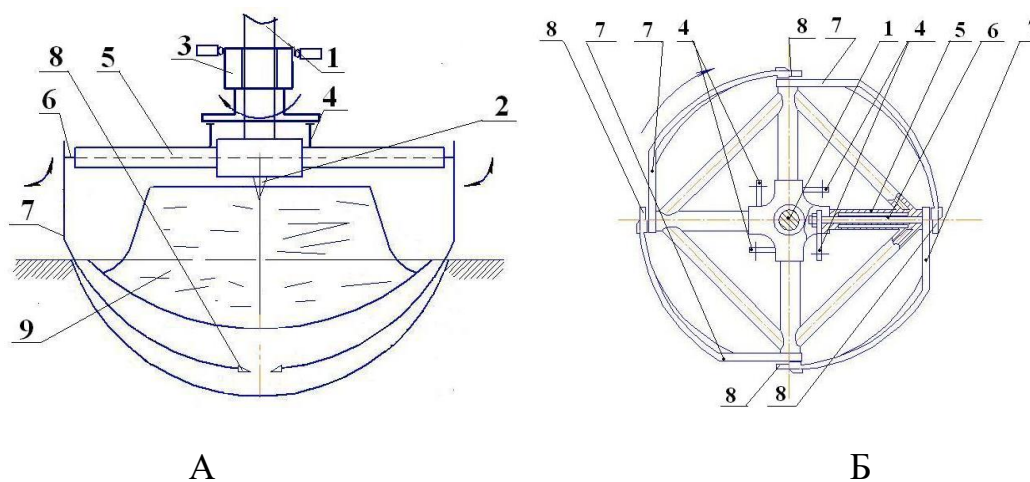
При вырезании пней пассивными ножами усилие резания зависит от площади сечения корней. В процессе врезания ножа в древесину оно резко возрастает вследствие увеличения объема деформируемых слоев. При определенной глубине врезания усилие достигает величины естественного подпора, после чего корни начинают изгибаться и еще больше защемляют нож. В большинстве случаев разрушение корней осуществляется путем расщепления и разрыва волокон. Поэтому разделение корней пня пассивными ножами требует больших усилий.

При вырезании пней путем снятия стружки требуется значительно меньший подпор со стороны корней, чем при резании пассивными ножами. В этом случае сопротивление резанию определяется площадью сечения срезаемой стружки.

Из анализа основных способов удаления пней следует, что наиболее перспективными являются вырезание пней. Известен корчеватель конструкции Соколова М.Г., вырезающий пни снятием стружки [4]. Он вырезает вокруг пня яму в виде тела вращения с вертикальной направляющей и криволинейной образующей. Его рабочим органом сообщается одновременно два движения - вращательное вокруг вертикальной оси и поворотное относительно горизонтальных осей. Конструкция обеспечивает очистку пней от почвы за счет отряхивания при вращении рабочего органа до момента выгрузки пня в транспортное средство. Все подвижные соединения орудия располагаются вне почвы. Возможно крепление рабочего органа на стреле экскаватора или манипулятора, что обеспечит вырезание группы пней с одной установки агрегата.

На рисунке 1 показана принципиальная схема устройства:

А - вид сбоку, Б - вид сверху.



1- ведущий вал, 2- центровка, 3 - механизм подачи, 4 - рычаги поворота рабочих органов, 5 - крестовина, 6 - вал рабочего органа, 7 - криволинейный рычаг, 8 - резец, 9 - пень.

Рис. 1. Схема рабочего органа для вырезания пней

Устройство крепится на ведущем валу 1 с центровкой 2 на конце. На валу 1 также смонтирован механизм подачи 3, кинематически связанный через рычаги 4 поворота рабочих органов в крестовине 5 с валами привода рабочих органов 6. На валах закреплены криволинейные рычаги 7 с резцами 8.

Работает устройство следующим образом. В исходном положении орудие поднято, рабочие органы 7 удерживаются в крайнем верхнем положении. Передвижением стрелы базовой машины корчеватель ориентируют по центру пня 9, опускают до контакта центровочного сверла 2 с пнём и включают

привод вращения. Фиксированное значение подачи осуществляется при помощи резьбового механизма 3, соединенного с рычагами 4.

Движение подачи происходит при вращении вала привода рабочего органа за счёт перемещения втулки по резьбе и повороте связанных с ней рычагов 7 резцами 8. При резании рычаги 7 вырезают вокруг пня сферическую щель. Когда момент трения об рычаги вырезанного монолита почвы с пнём превысит момент сопротивления центрального корня, пень отделится от грунта и начнёт вращаться в образованной рычагами 7 сферической полости. Рабочий орган поднимают над транспортным средством и включают обратное вращение, при котором рычаги возвращаются в исходное положение, и происходит выгрузка пня. Падающая почва вовлекается во вращательное движение и падает обратно в яму.

По мере заглубления резцов 8 величина подачи уменьшается. Момент сил резания также уменьшается. Кроме подачи, на это влияет уменьшение радиуса вращения резцов. В то же время при заглублении увеличиваются затраты энергии на трение о стенки ямы и на перемещение почвы. В результате суммарный рабочий момент в процессе резания изменяется незначительно.

Для условий работы корчевателя пней с фрезерным рабочим органом удельная работа e_{Σ} , Дж/м³, может быть представлена в виде суммы: $e_{унр}$ - затрат энергии на преодоления упругих сил резания грунта; $e_{л}$ - преодоления сопротивления вязкопластического течения продуктов резания при удалении стружки из сферического пропила; $e_{к}$ - прорезания корневых включений; $e_{отбр}$ - сообщение кинетической энергии продуктам резания; $e_{тр}$ - преодоление трения в трансмиссии привода рабочего органа орудия.

При диаметре вырезаемого пня 0,7 м и частоте вращения рабочего органа 1 с⁻¹ скорость резания составляет 0,1 - 4,4 м/с. Для пнистости разрабатываемой среды 10 – 15 % баланс затрат энергии на вырезание пня представлен на рисунке 2.

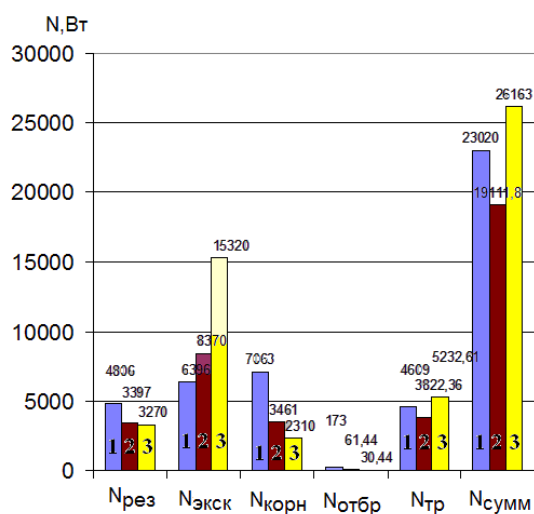


Рис. 2. Диаграмма баланса затрат мощности на вырезание пней при повороте криволинейных рычагов на 1 - 30, 2 - 60 и 3 – 80° относительно горизонтальной плоскости

Из представленной диаграммы следует, что с изменением углов резания при повороте рычагов общие затраты энергии на вырезание пня возрастают на 13 – 36 %. Затраты мощности на вырезание пней диаметром

0,7 м не превышают 26 кВт, что делает возможность применять устройство для вырезания пней с любым энергетическим средством, оснащённым манипулятором и гидросистемой соответствующих грузоподъёмности и мощности.

Заключение

Предложенное устройство по сравнению с известными имеет следующие преимущества:

а) обеспечивает возможность извлечения крупных пней при использовании энергетических средств средней мощности благодаря более равномерному распределению потребляемой энергии во времени и возможности устанавливать режим работы применительно к ее условиям;

б) повышает качество подготовки площадей путем исключения сдвига плодородного слоя почвы и уменьшения его выноса вместе с пнями;

в) повышает производительность труда благодаря совмещению операций по извлечению, очистке и погрузке пней;

г) сокращает затраты средств и материалов на единицу производительности вследствие снижения затрат энергии и массы агрегата.

В настоящее время производится теоретическое исследование момента трения при вырезании пней и удаления стружки из сферического пропила с целью определения оптимальных параметров устройства для вырезания пней.

Список литературы

1. Ларюхин, Г.А. Система лесохозяйственных машин / Г.А. Ларюхин, Н.П. Калинин, Г.Б. Климов: Агропромиздат, 1985. 264 с.

2. Рылов, В. Н. Основы современной культуртехники / В. Н. Рылов, Х. Н. Стариков. М., Колос, 1973. 272 с.

3. Ельцов, Е.И. Механизация культуртехнических работ / Е.И. Ельцов, А.М. Лопатин. М., Колос, 1976. 256 с.

4. А.с. 808051, СССР, МКИ А01В 29/04. Корчеватель пней. / М. Г. Соколов, опубл.23.06.81, Бюл. № 12.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.С. Паскарь, О.А. Рублева

Вятский государственный университет

Аннотация. В современной деревообрабатывающей промышленности большое значение уделяется прогрессивным технологиям декорирования древесины и древесных материалов. Многие способы декорирования достаточно исследованы и требуют дальнейшего изучения. В ходе исследования предложен новый способ декорирования фасадных поверхностей мебельных, столярно-строительных и других изделий из древесины с помощью фигурных деталей из древесно-клеевой массы (далее – ДКМ), проведено

сравнение известных рельефных и плоских видов декорирования, их современных аналогов, выявлены преимущества и недостатки каждого из способов.

Ключевые слова: *прогрессивные подходы, ресурсосберегающие технологии, экологически чистые древесные материалы, изделия из древесно-клеевых масс, изделия из древесных материалов, художественная отделка, резьба, роспись, тиснение, лазерная резка, цифровая печать.*

PROGRESSIVE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MANUFACTURING COMPOSITE WOOD MATERIALS

V.S. Paskar', O.A. Rubleva
Vyatka State University

Abstract. In modern woodworking industry, great importance is attached to advanced technologies for decorating wood and wood materials. Many methods of decoration are sufficiently investigated and require further study. During the study, a new method of decorating the front surfaces of furniture, woodworking and other wood products with the help of figured parts made of wood-glue mass (hereinafter referred to as DKM) was proposed; disadvantages of each method.

Keywords: *progressive approaches, resource-saving technologies, environmentally friendly wood materials, products from wood-glue masses, products from wood materials, artistic decoration, carving, painting, embossing, laser cutting, digital printing.*

Одной из основных стратегий современной экономики в деревоперерабатывающей промышленности считается применение прогрессивных подходов при разработке технологических процессов, которые направлены на создание новых экономически выгодных, экологически чистых продуктов, направленных на повышение художественной ценности изделий из древесины и древесных материалов.

Люди научились приспособлять древесину под свои нужды, обрабатывать ее и декорировать полученные изделия. Особым разнообразием среди способов художественной обработки является декорирование изделий из древесины и древесных материалов. К нему относят различные виды рельефных изображений, таких как резьба, инкрустация, маркетри, тиснение [1], а также живописных, включающих в себя, в частности, разные виды росписи [2]. Современные технологии позволяют создавать новые виды декоративной обработки древесины и совершенствовать известные, делая их более эффективными и менее энергозатратными.

Среди объемных видов декорирования, одним из распространенных видов художественной обработки древесины является резьба [1]. Резьба подразделяется в зависимости от вида и техники исполнения. Существуют разновидности резьбы, такие как плосковыемчатая, или углубленная плоскорельефная; рельефная, или глухая рельефная; прорезная, или ажурная; объемная или скульптурная. Применяются данные техники резьбы для выполнения декора сувениров, наличников для карнизов окон, некоторых деталей мебели и других интерьерных предметов. В современных условиях затруднительно серийное производство резных изделий, так как выполнение

данного декора трудоёмко. Резьба по дереву – это ручная работа, которая требует высокой квалификации резчика и особых инструментов, что удорожает данную технологию. Данный способ затруднителен для обработки ДВП и ДСтП, поэтому подходит исключительно для элитных индивидуальных заказов.

Альтернативой резьбе по дереву сейчас выступает лазерная резка и гравировка по дереву. Благодаря данным техникам возможно не только повторять элементы прорезной резьбы, но и усложнять их. Вместе с тем у этих способов декорирования имеется ряд минусов. В процессе лазерной резки края рисунка или деталей обугливаются, что требует в дальнейшем выполнения дополнительной отделки. Изделия могут легко повреждаться, поэтому необходимо учитывать породу дерева, структуру шпона, если это фанера и вид клея, во избежание брака.



Рис. 1. Лазерная резка по дереву [3]

Тиснение также относится к современным рельефным видам декорирования, которые являются наиболее выгодной альтернативой резьбе по дереву. При данном виде декорирования поверхности нанесение рисунка осуществляется путем горячего или холодного прессования с помощью пуансона. Пуансон вдавливают в деталь на определенную глубину под давлением. В результате деформации и уплотнения волокон древесины на поверхности заготовки создается рельеф, похожий на резьбу. Тиснение позволяет имитировать другие материалы, например, кожу, ткань, плетеные материалы (Рис. 2) [4, 5]. К пуансону предъявляется ряд серьезных требований. К примеру, форма с большими углами не обеспечивает четкости рисунка, а с меньшими разрушает его путем перерезания волокон древесины и качество получаемого декора напрямую зависит от времени прессования и скорости деформирования древесины, что увеличивает затраты по времени.



Рис. 2. Тиснение древесины [6]

Достаточно популярной технологией декорирования мебельных деталей является фрезерование, которое позволяет получать детали заданной формы, обеспечивает чистоту обработанной поверхности, что позволяет сделать процесс декорирования менее трудозатратным [7]. Вместе с тем данная технология является энергоемкой, предполагает применение сложного оборудования и дополнительной подготовке режущего инструмента.

Создание плоских изображений производимых при помощи облицовывания, окраски и росписи позволяет получать художественный эффект за счет небольшого количества этапов [8]. К таким способам декорирования относятся: облицовка шпоном, бумагой, нанесение цветного изображения на поверхность при помощи цифровой печати, нанесения росписи, нанесение рисунков на изделия способом декалькомании, нанесение рисунков в технике декупажа.

Облицовка шпоном, бумагой, пропитанной смолами или синтетическими пленками применяется для имитации ценных пород дерева высокого качества на древесных плитах. Минусом является ограничение в выборе цветовой гаммы, рисунка, недолговечность покрытия.

К плюсам способа нанесения цветного изображения на поверхность при помощи цифровой печати (на панелях MDF, HDF или древесностружечной плиты) можно отнести индивидуализацию изображений [9]. Для данной технологии имеются ограничения: по площади наносимого рисунка, невозможности использования некоторых цветов краски для печатного барабана, определенный набор материалов и т.д. На рисунке 3 представлен пример нанесения цветного изображения на древесную поверхность при помощи цифровой печати.

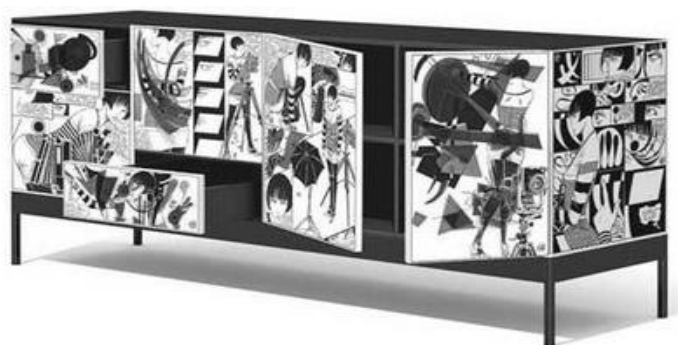


Рис. 3. Цветное изображение, нанесенное при помощи цифровой печати [10]

Окраска и роспись массивной или клеёной древесины – относительно простые, недорогие по себестоимости и оригинальные варианты декорирования. Они имеют множество вариаций, составляемых каждым мастером самостоятельно при учете формы поверхности, для которой и создается рисунок или орнамент. К минусам данного способа можно отнести только то, что качество отделки напрямую зависит от профессиональных умений мастера, который должен владеть традиционными приемами кистевой росписи. В случае нанесения росписи на полировку, поверхность изначально

шлифуют, грунтуют темперной или акриловой краской, после чего непосредственно наносят роспись [2]. На рисунке 4 показан шкаф, с нанесенным на него рисунком в стиле городецкой росписи.



Рис. 4. Шкаф с городецкой росписью

Существует способ нанесения рисунков на изделия при помощи декалькомании – путем перевода с калькомы на поверхность декорируемого изделия или горячей напрессовкой отпечатанного на бумаге рисунка [11]. К минусам приведенного способа относятся: сложная предварительная подготовка поверхности к нанесению рисунка, ограничение ассортимента, однотипность изображений, дорогая стоимость оборудования и т.п.

Нанесение рисунков в технике декупажа – это по сути наклеивание печатного рисунка на тонкой бумажной основе на специально подготовленную поверхность изделия или детали. Этот способ является простым и не требующим специальных навыков способ нанесения цветных изображений, но изделия, декорированные данным способом, склонны к выцветанию, не терпят механических воздействий, неустойчивы к влаге. Материалы, используемые для данной техники декорирования дорогостоящи. Поэтому подобная техника применима только в единичных частных случаях.

При широком разнообразии продукции на рынке, производители поставлены перед необходимостью совершенствования технологии декорирования изделий, изыскания новых дизайнерских подходов к оформлению фасадов изделий, с целью повышения художественной ценности, эстетичности изделий и спроса на них, при одновременном снижении себестоимости изделий, энерго-, трудо затрат и материальных вложений.

На данный момент наиболее распространенными в мебельных производствах являются древесностружечные и древесноволокнистые плиты. Это традиционные материалы мебельного производства, которые отделываются в большинстве своем отделочными материалами на основе формальдегид содержащих смол. В последнее время на первое место выходят вопросы совершенствования технологии производства древесных плит, а именно формирования низкотоксичных плит, что связано с ужесточением экологических ограничений по использованию древесных материалов [12].

Поэтому актуальными являются ресурсосберегающие прогрессивные технологические процессы, позволяющие перерабатывать отходы предприятий и создавать новые экономически выгодные продукты – экологически чистые древесные материалы. Разрабатываются и апробируются новые рецептуры изделий из древесно-клеевых масс.

Известны технологии изготовления деталей сложной конфигурации из измельченной древесины методом прессования, при которых происходит процесс склеивания древесной массы в пресс-формах, возможно получение сразу готовой детали и с одновременным облицовыванием [13]. Например, описанная Ю.Д. Орловой технология изготовления изделий из древесной массы методом горячего прессования. Он применялся для изготовления сувенирной продукции (чашей, шкатулок) с Петраковской росписью [14]. В состав пресс-массы входили древесные опилки, технический крахмал, канифоль и отходы горячего прессования. Для росписи изделий использовались масляные художественные краски.

Существовала похожая технология изготовления готовых прессованных изделий в г. Слободском Кировской области в 1980-90-х гг. на производственном объединении «Вятка», которая применялась при производстве игрушек – детской посуды.

Подобный способ производства прессованных изделий из отходов от деревообработки применялся в Ковернинском районе Нижегородской области для производства сувениров – Ермиловской игрушки. В производстве игрушек использовали смесь опилок с крахмальным клеем и тальком. Детали спрессовывали в виде двух половинок формы. Такой способ прессования игрушки давал возможность создавать продукцию различных форм, как стилизованных, так и натуралистичных [15].



Рис. 5 Ермиловская игрушка

Для возобновления данной технологии в современных условиях на кафедре машин и технологий деревообработки Вятского государственного университета прорабатывается технология изготовления декоративного элемента из ДКМ на основе низкотоксичных связующих, который может быть

использован для формирования декоративных деталей, а также в качестве фасонного элемента на предметах мебели или как самостоятельный предмет интерьерного декора. Формирование элемента происходит путем горячего прессования из ДКМ, в состав которой входят: древесные опилки, вода, технический крахмал, канифоль. Возможна одновременная облицовка лицевой стороны данного элемента облицовочными материалами. Элемент может имитировать какой-либо орнаментальный компонент или стилизованного персонажа, рельефную геометрическую фигуру и т.д. (Рис. 6, 7).

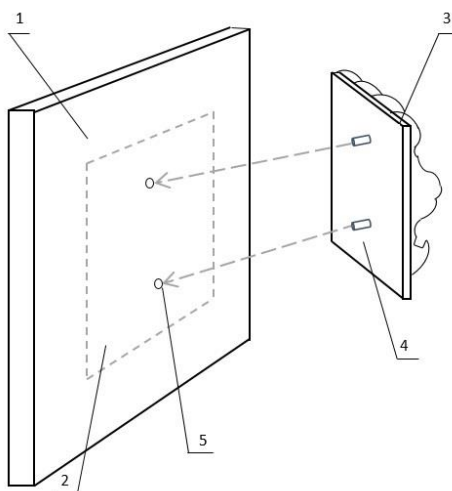


Рис.6 Схема крепления декоративного элемента на фасадную поверхность
1– фасадная поверхность декорируемой детали; 2 – зона крепления фасонного элемента; 3 – декоративный элемент; 4 – штифты; 5 – отверстия под штифты



Рис.7 Эскиз декоративного элемента из ДКМ

Данная технология изготовления декоративного элемента из ДКМ позволит снизить энерго- и трудозатраты процесса формирования декора на фасадных поверхностях изделий, а также повысит вариативность их

декоративного оформления и эстетическую ценность, поэтому может быть предложена в современные условия мебельного производства.

Список литературы

1. Барташевич А.А., Онегин В.И., Шетько С.В. Технология художественной обработки древесины. Ростов н/Д: Феникс, 2013.
2. Величко Н. Роспись: техники, приемы, изделия. Энциклопедия.— М.: АСТ-пресс, 1999.
3. Лазерная резка мебели URL: <http://www.armiko.ru/LazernayaIPlazmennayaTehnika/lazernaya-rezka-mdf> (дата обращения 15.11.2018).
4. Кирилина А.В. Технология декоративной отделки поверхности древесины холодным тиснением.- Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Екатеринбург, 2017.
5. Деньгин А.В., Рублева О.А. Способы получения рельефа на поверхности деревянных заготовок// Общество. Наука. Инновации (НПК-2016): материалы Всерос. ежегод. науч.-практ. конф. : НПК-2016, 18–29 апреля 2016 г.
6. Шкаф-купе, фасад: цельный с тиснением URL: <https://mirmatrasov.com/mebel/311/item/2315> (дата обращения 15.11.2018).
7. Фокин С.В. Деревообработка: технологии и оборудование: учеб. пособие /С.В. Фокин, О.Н. Шпортько – М.: ИНФРА-М, 2018.
8. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: Учебник для вузов. .– М.: МГУЛ, 2003.
9. Панель с декоративным слоем и способ печати на панелях. - Патент РФ № 2014 151 225, В44С 5/04.
10. Применение прямой цифровой печати в деревообработке и мебели URL: http://c-a-m.narod.ru/techno/printinting_digital.html/ (дата обращения 15.11.2018).
11. Способ нанесения цветного изображения на древесный материал URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2318675> (дата обращения 15.11.2018).
12. Хасаншин Р.Р. Обзор современных исследований по снижению токсичности древесно-клееных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sovremennyh-issledovaniy-po-snizheniyu-toksichnosti-drevesno-kleenyh-materialov> (дата обращения: 01.11.2018).
13. Гончаров Н.А., Брашинский В.Ю., Буглай Б.М. Технология изделий из древесины: Учебник для вузов.–2-е изд., испр. и дополн.–М.: Лесн. пром-сть, 1990.
14. Орлова Ю.Д. Отделка изделий из древесины. М.: «Высшая школа», 1968.
15. Ермиловская игрушка URL: <https://ru.russianarts.online/crafts/10072-ermilovskaya-igrushka/>.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО КЛЮЧЕВЫМ СЛОВАМ

В.Ю. Попов¹, А.С. Янюшкин², С.Ю. Звядинцева¹, Д.В. Говорин¹, Е.А.
Барсукова¹

¹*Братский государственный университет*

²*Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова*

Аннотация. В статье рассмотрен новый подход к изучению актуальности научных исследований в технологическом направлении на основе статистики по их ключевым словам. Как вы знаете, ключевые слова, которые автор упоминает в своей статье, являются специальными научными маркерами, которые подчеркивают, создают акцент на главном интересе представленного материала. В то время, когда опытный ученый знает и помнит, как изменялись тенденции в области его научного исследования в течение долгого времени, то для ученого, находящегося в начале своей карьеры важно знать, что его профессиональный интерес достаточно популярен и необходим производству, что его работа будет полезна и актуальна для производства. Благодаря развитию современных технологий и проникновению их во все научные сферы, мы имеем возможность анализировать такую динамику интереса, можем наглядно увидеть популярность своих ключевых слов с 2004 года. В качестве примера в статье представлен анализ динамики популярности ключевых слов, сгруппированных по трем группам: инструментальные материалы, инструменты, технологии. В русскоязычном сегменте рассматривались следующие ключевые слова: Наноматериалы, P6M5, BK8, T15K6, Металлорежущий инструмент, Алмазный круг - отрезной, Электрокорунд, Карбид кремния зеленый, Кубический нитрид бора, Нанотехнология, Шлифование, Электрохимическая, Электроэрозионная. В англоязычном сегменте рассматривались их слова аналоги: Nanomaterials, High-speed steels, Tungsten carbide -ring, Metal cutting tools, Diamond grinding wheels, Alundum, Green silicon carbide, CBN wheels, Nanotechnology, Grinding, Electrochemistry. Статья может представлять интерес для всех категорий ученых и педагогов.

Ключевые слова: *шлифование, алмазный круг, P6M5, актуальность, популярность, тенденции, интерес, Google Тренды, Google AdWords.*

DETERMINATION OF THE ACTUALITY OF TECHNOLOGICAL RESEARCHES BY KEYWORDS

V.Y. Popov¹, A.S. Yanyushkin², S.Y. Zvyadintceva¹, D.V. Govorin¹, E.A.
Barsukova¹

¹*Bratsk State University*

²*I.N. Ulianov Chuvash State University*

Abstract. We propose a new approach to the study of the relevance of scientific research in the field of progressive processing methods based on statistics for their keywords. As you know, the keywords that the author mentions in his article are special scientific markers that emphasize, emphasize the main interest of the presented material. At a time when an experienced scientist knows and remembers how tendencies in his field of research have changed over time, it is important for a novice scientist at the beginning of his career to know that his professional interest is quite popular and necessary for production, that his work will be useful. and not ordinary. Thanks to the development of modern technologies and their penetration into all scientific fields, we have the opportunity to analyze such dynamics, we can show the popularity of our keywords since 2004. As an example, we present a detailed analysis of the dynamics of the popularity of keywords grouped into three groups: tool materials, tools, and technologies. The article may be of interest to

all categories of scientists and teachers. The following keywords were considered in the Russian-speaking segments of the English-speaking segment: Nanomaterials, High-speed steels, Tungsten carbide -ring, Metal cutting tools, Diamond grinding wheels, Alundum, Green silicon carbide, CBN wheels, Nanotechnology, Grinding, Electrochemistry.

Keywords: *grinding, diamond grinding wheel, HSS, relevance, popularity, trends, interest, Google Trends, Google AdWords.*

Введение

Модальность времени нашей эпохи характеризуется тем, что практически вся информация круглосуточно хранится в Интернете. Тем не менее, существование постоянно обновляемого огромного количества этой информации не только затрудняет понимание того, какая ее часть действительно является необходимой и полезной, но и снижает вероятность ее эффективного поиска [1, 2].

Например, при поиске информации в области электрохимических процессов обработки, пользователи, скорее всего, будут заинтересованы в ответе на то, что это такое и какие книги можно скачать по данной тематике. Научные интересы таких пользователей будут сконцентрированы на процессах, происходящих в электрохимических ячейках, описаниях химических реакций, на наличие данной информации в научных журналах. При ответе на вопрос, кем являются данные пользователи, становится очевидным интерес, проявляемый в настоящее время азиатским регионом – Ближнего Востока и Восточной Азии, а затем развивающимися странами Африки и Южной Америки (рис. 1) [3].

Растущая доступность услуг по предоставлению статистических данных позволяет провести углубленный анализ популярности практически любого научного исследования на основе отслеживания их ключевых слов. Несомненным преимуществом такого подхода является высокая наглядность динамики интереса, которая проявляется к теме исследования. Удобство этого подхода заключается в широком диапазоне настроек ограничений, которыми будет скрываться ненужный, т.н. «мусорный» контент, тот, который не имеет отношения к теме собственного исследования.

Теперь очевидно, что грамотно указанные в научной статье ключевые слова на русском и английском языках имеют решающее значение для оптимального поиска. В-первую очередь, предпочтительными являются те слова и фразы, которые наиболее популярны в определенной научной области. Это позволяет другим исследователям быстро найти нужный материал и, возможно, процитировать его в своей работе.

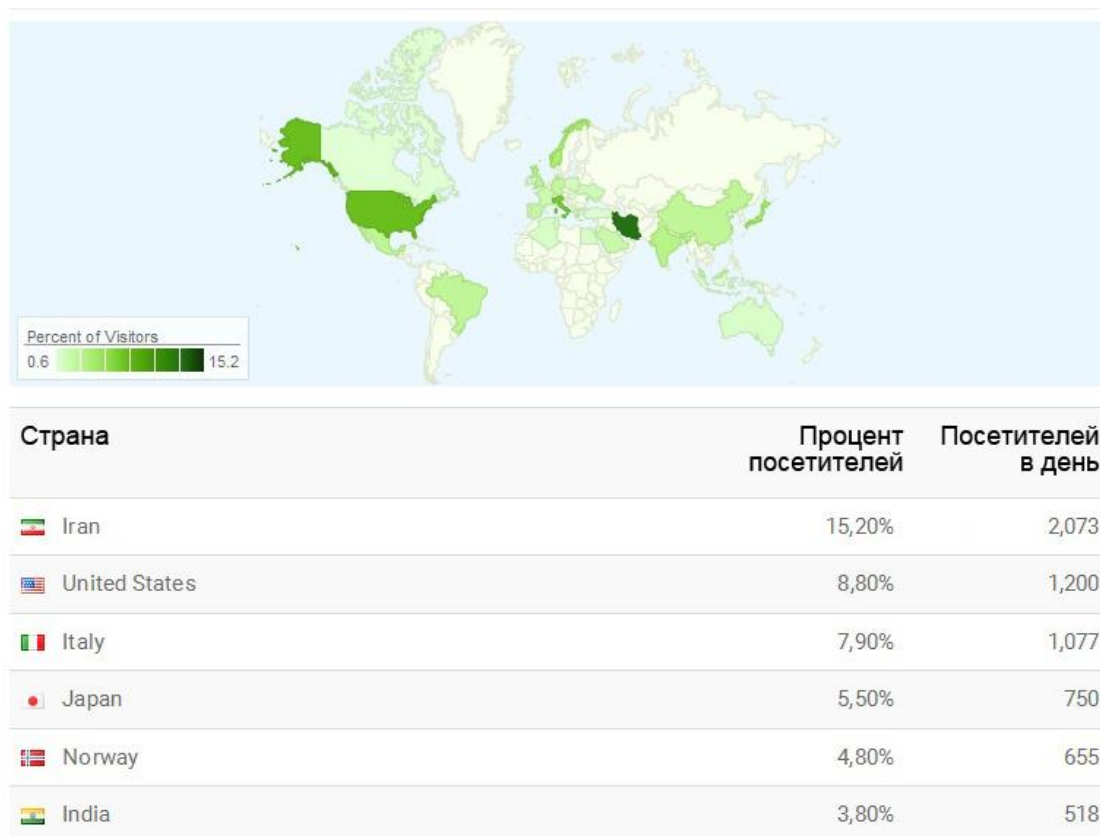


Рис. 1. Карта посетителей сайта Scopus по странам

За рубежом к анализу актуальности своих исследований часто прибегают ученые, публикующие результаты у крупных издателей технической литературы [1, 2, 4]. А те, в свою очередь, практикуют довольно сложный и ответственный процесс рецензирования предоставляемых материалов. Так:

Elsevier – является одним из четырех крупнейших издательств в мире и ежегодно публикует около четверти всех статей из научных журналов, публикуемых во всем мире.

Springer – международная издательская компания, специализирующаяся на публикации научных журналов и книг по естественным наукам (теоретические науки, медицина, экономика, инженерия, архитектура, строительство и транспорт). Эта компания, согласно Elsevier, вторая по величине в мире по изданию материалов в области науки, техники, медицины.

Industrial Press, Inc. – частная корпорация, основной деятельностью которой является издание технических, технологических и производственных книг. Она публикует «Инженерный справочник» и ведущие учебники по технике, технологиям, производству и образованию.

CRC Press – издательство, специализирующееся на научно-технической литературе. Многие из их книг относятся к инженерным, научным и математическим, а также бизнес, и информационным технологиям.

Анализ количества поисковых запросов

Чтобы найти точное количество поисковых запросов, нам необходимо использовать инструмент, называемый Планировщиком ключевых слов –

Google AdWords, который, как и Google Trends, показывает пользователям сообщения, соответствующие их интересам. В наших интересах повысить эффективность нашей работы и получить статистику поисковых запросов по конкретным ключевым словам. Для этого они вводятся в планировщик, нажимая кнопку Get Query Statistics and Trends. Что здесь удобно – слова могут быть сгруппированы вместе с использованием предложенных операторов поиска. После ввода слов создается интерактивный график. Динамика объема поиска отражает среднее количество запросов в месяц. Полученные результаты мы свели в таблицу 1.

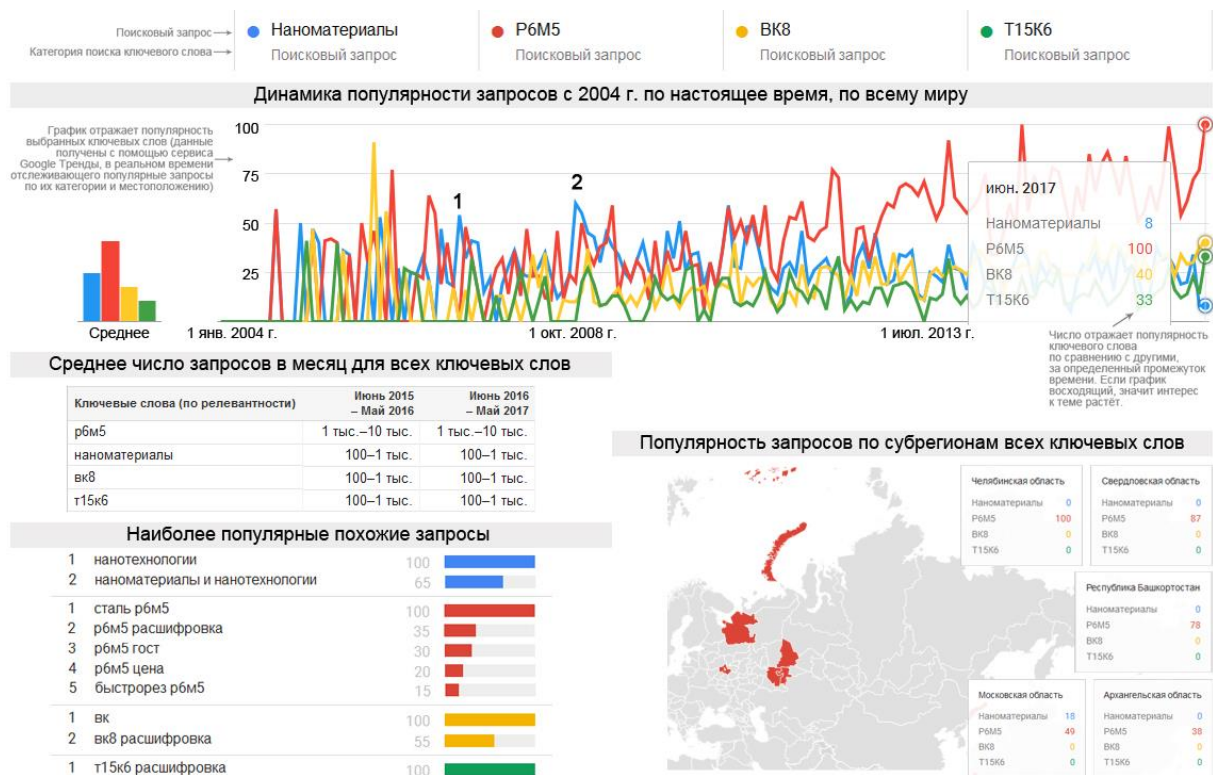
Таблица 1

Анализ запросов в поисковой системе

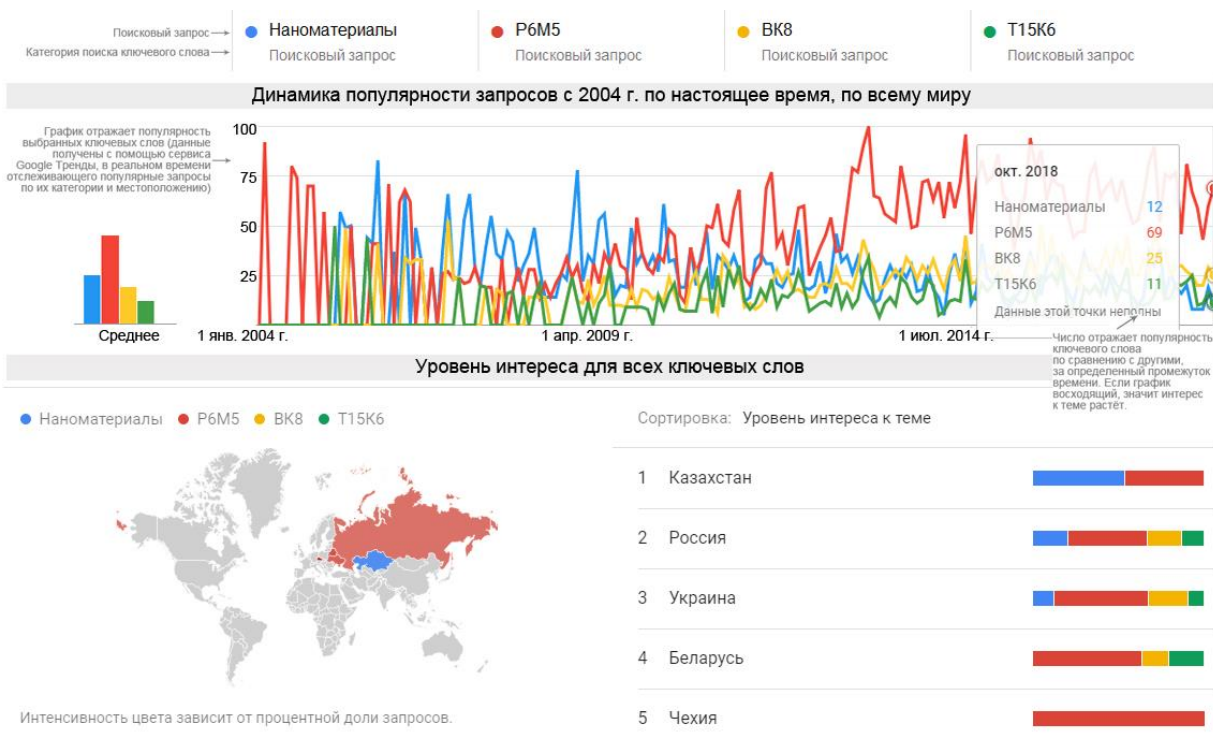
Русскоязычные запросы	Среднее число запросов в месяц	Англоязычные запросы	Среднее число запросов в месяц
Ключевые слова из группы Инструментальные материалы			
Наноматериалы	590	Nanomaterials	8100
P6M5	1600	High-speed steels	3600
BK8	720	Tungsten carbide -ring	33100
T15K6	480		
Ключевые слова из группы Инструменты			
Металлорежущий инструмент	720	Metal cutting tools	2900
Алмазный круг -отрезной	480	Diamond grinding wheels	1300
Электрокорунд	590	Alundum	390
Карбид кремния зеленый	40	Green silicon carbide	110
Кубический нитрид бора	110	CBN wheels	260
Ключевые слова из группы Технологии			
Нанотехнология	880	Nanotechnology	110000
Шлифование	590	Grinding	60500
Электрохимическая	10	Electrochemistry	18100
Электроэрозионная	20		

Результаты и обсуждение

На графике видно (рис. 1, а), что интерес русскоязычного пользователя к тематике по наноматериалам начал расти после апреля 2007 года, когда президент России Владимир Путин в своем послании Федеральному собранию назвал нанотехнологию «самым важным направлением в развитии науки и техники». Это подтверждается пиком интереса (пик 1, на рис. 1) в апреле 2007 года. Последующие декабрьские саммиты также вызвали интерес к Международному форуму нанотехнологий «Роснанотех» в Москве, который состоялся в декабре 2008 года (пик 2, на рис. 1, а), и вследствие этого стал ежегодным. Считаем, что большая часть поисков в этой области является частью работы журналистов, которые так или иначе искали информацию по развитию наноматериалов, чтобы в дальнейшем отразить ее в средствах массовой информации. Далее, как показывают графики, популярность этих ключевых слов снижается. Возвращается и увеличивается интерес к традиционным материалам, которые зарекомендовали себя в производстве.



(а)



(б)

Рис. 2. Пример анализа поисковых запросов ключевых слов в категории инструментальных материалов среди русскоязычных пользователей: а – в 2017 г.; б – в 2018 г.

Далее интерактивный график показывает, что большинство запросов в России поступают из Москвы (количество запросов 100), Санкт-Петербурга (99) и Архангельской области (89). В основном это связано с тем, что в Москве и Санкт-Петербурге сосредоточен большой интеллектуальный и инновационный потенциал. Во-вторых, в этих городах есть множество представительств и компаний, которые специализируются на производстве и продаже инструментальных сталей, а также на их механической обработке. В Архангельской области есть машиностроительные компании, которые выполняют контракты на оборону и обслуживают рыбную и деревообрабатывающую промышленности. Это ОАО «Соломбальский машиностроительный завод», ОАО ПО «Севмаш», ОАО «Центр судоремонта «Звездочка», ОАО «Котласский электромеханический завод». Определенный циклический пик, скорее всего, связан с сезонностью системы корпоративных закупок. В научной области, а также в образовательной сфере сезонность выражается по-разному.

По некоторым данным [6], доля импорта металлорежущего инструмента и твердосплавных сменных многогранных пластин составляет до 90%. Соответственно, остальные поисковые запросы, связанные с обеспечением инструментального производства и приобретением твердых сплавов, набираются на английском языке.

Выводы

Анализ поиска ключевых слов научной работы позволяет отслеживать популярность темы исследования, а также активность в ней пользователей в реальном времени. Анализ показывает, для какой категории пользователей эта информация релевантна, с какой целью они заинтересовались ей.

Имея знания о сроках, местоположении и причинах увеличения популярности предмета исследования, можно не только проводить эффективный анализ, но и искать новые рынки сбыта для своих научных продуктов. Этот факт становится особенно актуальным при запуске собственного стартапа, при внедрении его в производство, при заключении новых соглашений о совместном сотрудничестве и т.д.

Использование таких инструментов, как Google Trends и Google AdWords может помочь в создании новых и дополнить уже существующие исследования, поскольку они предоставляют самые современные статистические данные, которые обычно игнорируются, широкому кругу исследователей.

Список литературы

1. Rusmevichientong, P., D. P. Williamson. An adaptive algorithm for selecting profitable keywords for search-based advertising services // Proc. 7th ACM Conf. Electronic Commerce, 2006. ACM, New York, P. 260–269. doi:10.1145/1134707.1134736.
2. Burguet, R., Caminal, R., Ellman, M. In Google we trust? // International Journal of Industrial Organization. 2015. 39. P. 44–55. doi:10.1016/j.ijindorg.2015.02.003.

3. Лавров С.В. Историческая перспектива внешней политики России // Россия в глобальной политике. 2016. Т. 14. № 2.

4. Sha Yang, Anindya Ghose. Analyzing the Relationship Between Organic and Sponsored Search Advertising: Positive, Negative, or Zero Interdependence? // Marketing Science. Articles in Advance. 2010. pp. 1–22. doi:10.1287/mksc.1100.0552.

5. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. «Ключевая» популярность электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.

6. Черепанов П. Инструментальные твердые сплавы просят российское гражданство / Новый оборонный заказ. Стратегии. 2015. №2(34). С. 24–28.

АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

А.А. Попова, И.Н. Шубин

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. Гидрофобность углеродных наноматериалов препятствует их нормальному распределению в различных материалах, поэтому разработка методов функционализации направленная на получение гидрофильных наноматериалов и технологии для его осуществления является актуальной современной задачей. Предложено аппаратурно-технологическое оформление процесса получения функционализированных углеродных нанотрубок. Исследован материал, модифицированный функционализированными углеродными нанотрубками, установлено повышение его физико-механических характеристик.

Ключевые слова: технологическое оборудование, функционализация, углеродные нанотрубки, модифицирование материалов, определение физико-механических характеристик.

HARDWARE REGISTRATION OF THE PROCESS OF OBTAINING FUNCTIONALIZED CARBON NANOTUBES

A.A. Popova, I.N. Shubin

Tambov State Technical University

Abstract. The hydrophobicity of carbon nanomaterials impedes their normal distribution in various materials, therefore the development of functionalization methods aimed at obtaining hydrophilic nanomaterials and the technology for its implementation is an actual modern task. Proposed hardware and technological design process for obtaining functionalized carbon nanotubes. A material modified with functionalized carbon nanotubes was investigated, an increase in its physicomechanical characteristics was established.

Keywords: technological equipment, functionalization, carbon nanotubes, modification of materials, determination of physicomechanical characteristics.

Российский рынок наноматериалов в настоящее время находится на стадии становления. Результаты проведенных научных исследований, показывают преимущество материалов, модифицированных углеродными нанотрубками над обычными, применяемыми в различных отраслях. Однако коммерческие и конкурентоспособные предложения на рынке нанотехнологий только начинают

становиться актуальными и экономически выгодными для промышленности [1, 2].

Углеродные наноматериалы, особенно углеродные нанотрубки (УНТ), являются одними из самых эффективных компонентов современных полимерных композиционных материалов, обладающих высокими механическими и электрическими качественными показателями. Использование углеродных нанотрубок позволяет повысить модуль упругости, прочность, ударную вязкость, износостойкость, электропроводность полимерных материалов [3, 4].

Для создания эффективных нанокомпозиционных материалов необходимо получить УНТ в форме, при которой достигается их равномерное распределение и образования относительно упорядоченной пространственной сетки в полимерной матрице, т.е. их гидрофильность. Однако неправильное распределение углеродных наноматериалов в матрице может привести к значительному ухудшению свойств конечного продукта.

Проведенные предварительные исследования различных режимов обработки УНТ позволили определить оптимальный метод функционализации, обеспечивающий наилучшую диспергируемость нанотрубок в растворителях и стабильности таких дисперсий. Это позволило предложить аппаратно-технологическое оформление процесса получения функционализированных углеродных нанотрубок обладающих гидрофильностью [5, 6].

Процесс функционализации заключается в окислении и одновременном укорачивании УНТ при размоле в бисерной мельнице в водном растворе гипохлорита натрия и карбоната натрия (рис.1).

Для получения гидрофильных УНТ в смесь растворов карбоната натрия и гипохлорита натрия добавляют нанотрубки и размешивают до однородной суспензии. Укорачивание углеродных нанотрубок в растворе происходит в бисерной мельнице с керамическими шариками. Конечный продукт в виде пасты получают при фильтровании суспензии через слой полипропиленовой ткани или нетканого материала из полипропиленового волокна, при этом проводят промывку слабым раствором азотной кислоты в дистиллированной воде [7, 8].

В аппарат смешения исходных компонентов (реактор А-01), подают дистиллированную воду из емкости дистиллированной воды Е-08 и навеску порошка безводного карбонат натрия при постоянном перемешивании. После растворения карбоната натрия в аппарат подают гипохлорит натрия при перемешивании, затем постепенно при перемешивании подают заданное количество УНТ до получения однородной суспензии. Образующиеся при растворении пары конденсируются в кожухотрубчатом теплообменнике Т-01, который установлен на аппарате смешения А-01.

Суспензия поступает в бисерную мельницу БМ-01 с керамическими шариками, где осуществляется ее размол. После размола суспензия подается в реактор нейтрализации А-04. Остатки суспензии в бисерной мельнице БМ-01 удаляются промывкой дистиллированной водой из емкости Е-08 и собираются в емкости смывной Е-11. Промывная вода из емкости Е-11 также подается в

реактор нейтрализации А-04. Для нейтрализации гипохлорита натрия в реактор нейтрализации А-04 подают перекись водорода. При этом выделяется газообразный кислород, окончание реакции нейтрализации контролируют по наличию выделяющегося кислорода [9, 10].

Для нейтрализации щелочи в реактор нейтрализации А-04 добавляют соляную кислоту и оставляют для выдержки. При этом дополнительно растворяются окислы металлов, в частности ржавчина, которые переходят в продукт из стенок бисерной мельницы БМ-01 при размоле. В процессе нейтрализации контролируют рН, отбирая пробы из реактора нейтрализации А-04. Суспензия перекачивается в фильтр ФС-01. Фильтрат поступает в емкость хранения с охлаждением Е-01.

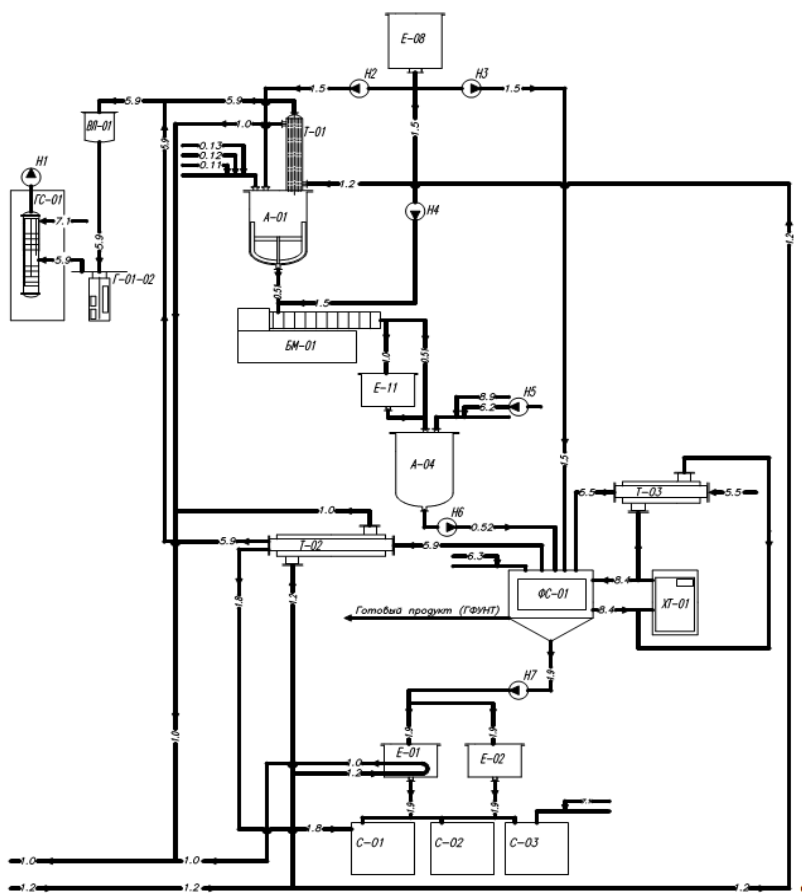


Рис. 1. Функциональная схема получения функционализированных углеродных нанотрубок

После проведения процесса фильтрования осадок в фильтре ФС-01 промывается слабым раствором азотной кислоты в дистиллированной воде. Добавление небольшого количества азотной кислоты в промывную воду необходимо для подавления перехода окисленных УНТ в коллоидный раствор, который может проходить через фильтр. Промывку заканчивают, когда рН выходящей из фильтра промывочной воды, будет составлять 3-5 единиц. Полноту промывки также определяют по отсутствию сульфат-ионов в стекающей промывной воде (проба с хлоридом бария). Фильтрат стадии промывки поступает в емкость хранения Е-02. Промытый осадок высушивается

в фильтре ФС-01. Продукт в виде пасты выгружают из фильтра ФС-01 через боковой штуцер, оснащенный клапаном, при помощи мешалки.

Пары стадии сушки вместе с сушильным агентом проходят конденсатор типа труба в трубе Т-02, вакуум-ловушку ВЛ-01 и гидрозатворы Г-01-02. Конденсат собирается в смесителе-нейтрализаторе С-01-02-03. Несконденсированные газы и пары после гидрозатворов Г-01-02 направляются на улавливание в газовый скруббер ГС-01. Для переработки фильтрата из емкостей Е-01 и Е-02 он перекачивается в смесители-нейтрализаторы С-01-02-03, в которых он нейтрализуется гидроксидом натрия.

Полученными функционализированными нанотрубками модифицировался полиэтилен, для сравнения в качестве модификатора использовался технический углерод марки П 234. Концентрации модифицирующих добавок составляли 0,01; 0,1; 0,5; 1 и 1,5 %. Исследования твердости по Шору шкала Д проводили на приборе модели ИТ 5069 УХЛ 4,2 ГОСТ 23677-79. Результаты испытаний представлены на рисунке 2.

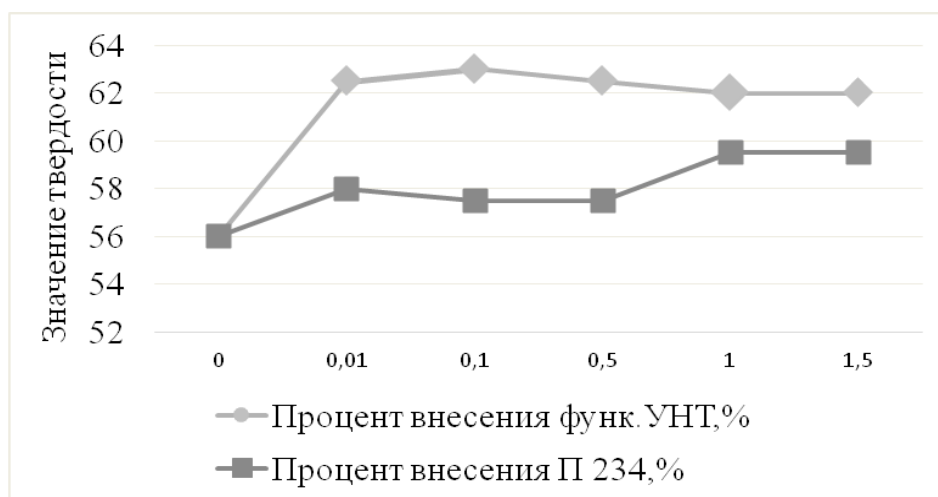


Рис. 2. Результаты исследований твердости модифицированного полиэтилена

Применение функционализированных углеродных нанотрубок позволяет увеличить значение твердости по Шору на 12,5 % при концентрации 0,1 %.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования полимеров модифицированных функционализированными УНТ подтвердили актуальность исследований в области разработки аппаратного оформления и последующего практического применения данных материалов.

Список литературы

1. Шубин, И.Н. Особенности инновационного менеджмента в сфере высоких технологий / И.Н. Шубин, А.А. Попова, А.А. Глушкова/ Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент: сборник статей VIII Международной научно-инновационной молодежной конференции. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2016. – С. 401-403 .

2. Ткачев, А.Г. Промышленные технологии и инновации. Оборудование для наноиндустрии и технология его изготовления/ А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин, А.А. Попов Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 132 с.

3. Шубин, И.Н. Термогравиметрический анализ полиэтилена, модифицированного углеродными нанотрубками: И.Н. Шубин и др./ Актуальные вопросы современной науки и практики: сборник статей международной научно-практической конференции. – Чистополь: Научно-исследовательский и образовательный центр, 2016. С. 10-14.

4. Влияние нанодисперсных частиц на прочностные свойства полимерных матриц: Блохин А.Н., Таров В.П., М.С. Толстых М.С. Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2012. Том 18.№3. С.737-741.

5. Хохлов, П.А. Функционализация углеродных нанотрубок органотитанатами /А.В Мележик, П.А. Хохлов, А.Г. Ткачев// Вестник Воронежского университета.- 2013.- №1.- с. 52-55.

6. Дьячкова, Т.П. Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок. Монография / Т.П. Дьячкова, А.Г. Ткачев – М.: Издательский дом «Спектр», 2013., 152 с.

7. Дьячкова, Т.П. Исследование спектров комбинационного рассеяния функционализированных углеродных нанотрубок / Т.П. Дьячкова, Ю.А. Хан, Н.Н. Балыбина и др.// Фундаментальные исследования. -2015. Т. 3. № 9. С. 444-449.

8. Шубин, И.Н. Модифицирование углеродных наноматериалов направленной химической функционализацией / И.Н. Шубин и др. // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент: материалы VIII Международной научно-инновационной молодежной конференции / И.Н. Шубин и др. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2016. – С. 257-260.

9. Кондратюк, И.В. Технология получения гидрофильных углеродных нанотрубок / И.В. Кондратюк, И.Н. Шубин, Д.В. Таров // Фундаментальные и прикладные научные исследования: сборник статей международной научно-практической конференции. В 2х частях Ч.1 – Уфа МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. – С. 3-5.

10. Усольцева, Н.В. Наноструктурированные системы мезогенов и композиции с углеродными частицами на их основе / Н.В. Усольцева, М.В. Якемсева (Смирнова), А.И. Смирнова // Нанотехника. -2014. Т. 37. № 1. С 61-66.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ НА МАЛОГАБАРИТНЫХ МЕЛЬНИЧНЫХ УСТАНОВКАХ

И.Я. Федоренко, Н.С. Протасов

Алтайский государственный аграрный университет

Аннотация. В статье рассмотрена экспериментальная установка для увлажнения зерна. Показаны результаты поисковых экспериментов по увлажнению зерна на данной установке.

Ключевые слова: увлажнение зерна, установка для увлажнения зерна, ГТО, способы увлажнения зерна.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF GRAIN MOISTURE BEFORE THE GRINDING ON SMALL-SIZED MILL INSTALLATIONS

I.YA. Fedorenko, N.S. Protasov

Altai State Agrarian University

Abstract. The article describes an experimental setup for moistening grain. The results of exploratory experiments on the moistening of grain in this installation are shown.

Keywords: *grain moistening, installation for grain moistening, TRP, methods of grain moistening.*

Зерно, поступающее на переработку, обычно имеет небольшую влажность, при этом структурно-механические свойства эндосперма и оболочек различаются незначительно. Поэтому разделить их трудно, и результаты переработки такого зерна ниже, то есть выход и качество готовой продукции не соответствует требованиям "Правил организации и ведения технологического процесса на мельницах"[1].

Для изменения технологических свойств зерна применяют различные методы гидротермической обработки (ГТО). При проведении ГТО зерна стремятся, прежде всего, усилить различие свойств оболочек и эндосперма [2].

На эффективность процесса ГТО существенное влияние оказывает интенсивность увлажнения зерна. В связи с этим одним из направлений исследования процесса гидротермической обработки пшеницы является поиск способов интенсивного увлажнения зерна, позволяющих сократить технологический цикл производства муки за счет уменьшения времени отволаживания, при этом нельзя допускать снижения выходов и ухудшения качества получаемой муки [3].

Исходя из вышесказанного, целью нашей работы является «Повышение эффективности увлажнения зерна пшеницы перед помолом путем совершенствования увлажнительной установки».

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ существующих процессов увлажнения зерна и конструкций увлажнителей.

2. На основе данных литературного и патентного обзора провести модернизацию процесса увлажнения зерна пшеницы посредством использования переменного давления в камере увлажнения.

3. Провести экспериментальные исследования по определению производительности увлажнителя, качества и выхода муки, в зависимости от факторов процесса.

4. Дать экономическую оценку использования предлагаемой установки.

Предлагаемое нами устройство (патент на п.м. №171424) повышает качество увлажнения при небольших габаритах и потребляемой им мощности.

Настоящая задача решается тем, что устройство для увлажнения зерна, содержащее корпус с размещенным в его полости механизмом смачивания, шнек-смеситель, загрузочный бункер и выгрузные патрубки с шлюзовыми затворами, шнек-влагосниматель с перфорированным валом, размещенный под выгрузным патрубком смесительного шнека, циклон, вакуумный насос, соединенный всасывающей полостью через вакуум-баллон трубопроводом с полостью корпуса, а нагнетательной - с полым перфорированным валом шнека-влагоснимателя, пульсатор давления воздушного потока, размещенный на нагнетательном трубопроводе, дополнительно содержит пульсатор вакуума, размещенный в вакуум-проводе, создающий импульсы вакуума в камере увлажнения.

Для проведения опытов была разработана и создана следующая экспериментальная установка (Рис. 1).

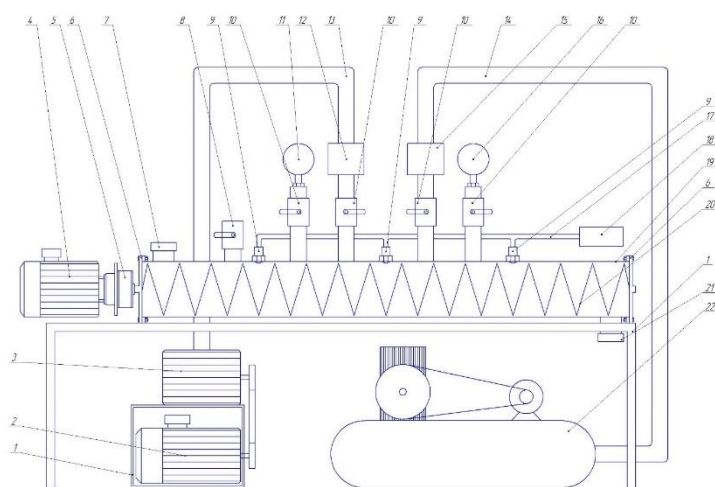


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для увлажнения зерна.

1 – рама, 2 – электродвигатель, 3 – вакуумный насос, 4 – электродвигатель, 5 – редуктор, 6 – фланец, 7 – загрузочное отверстие, 8 – кран сообщения полости шнека с атмосферой, 9 – форсунка, 10 – кран, 11 – вакуумметр, 12 – пульсатор вакуума, 13 – трубопровод вакуума, 14 – трубопровод давления, 15 – пульсатор давления, 16 – манометр, 17 – водяной трубопровод, 18 – насос-дозиметр, 19 – корпус, 20 – спиралевидный шнек, 21 – выгрузочное отверстие, 22 – компрессор.

В целях уменьшения потерь давления и вакуума, при проведении научных исследований, экспериментальная установка была упрощена, тем что загрузка зерна в нее и его выгрузка проводились порциями, при этом загрузочное и выгрузное устройство надежно герметизировали рабочую область шнека от окружающей среды.

Также были проведены поисковые эксперименты увлажнения зерна на экспериментальной увлажнительной установке, которые отображены на рис. 2.

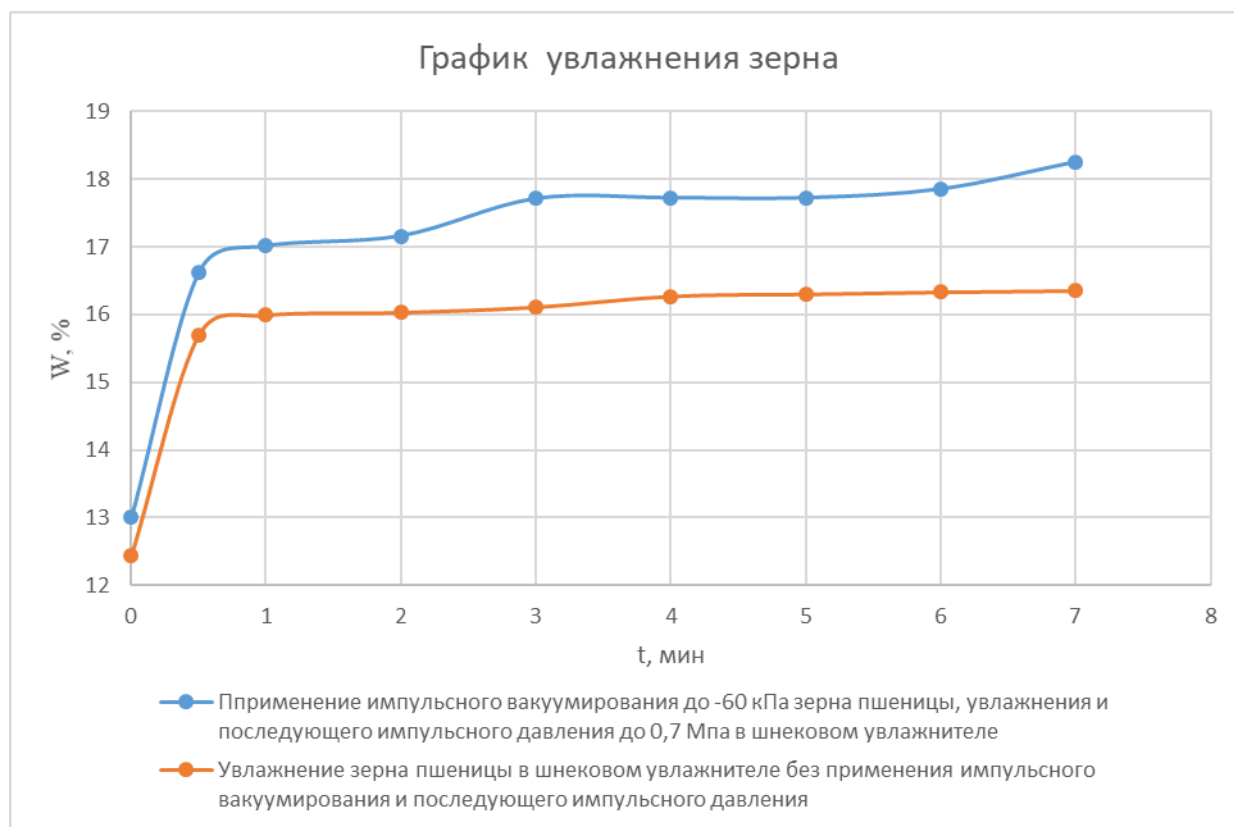


Рисунок 2 – График увлажнения зерна на экспериментальной установке

Вывод: Экспериментальные исследования показали, что предлагаемая увлажнительная установка сокращает время увлажнения зерна в 2 раза, а также время отволаживания зерна в 2 раза.

Список литературы

1. Егоров Г.А. Гидротермическая обработка зерна. / Г.А. Егоров. М.: Колос, 1968. 96 с.
2. Наумов И.А. Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи. / И.А. Наумов. М.: Колос, 1975. 76 с.
3. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. / А.Я. Соколов. М.: Колос, 1975. 52 с.

РАЗРАБОТКА НОСИТЕЛЕЙ ПРИКРЕПЛЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ С УЛУЧШЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

И.С. Мельников, Е.А. Разинкова, А.П. Колодезникова, А.П. Семенова

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)*

Аннотация. Применение иммобилизованных культур является в настоящее время одним из приоритетных направлений биологической очистки и доочистки сточной жидкости. Оно позволяет стабилизировать работу очистных сооружений канализации, существенно сократить объем сооружений, а также повысить эффективность использования природных ресурсов и решать экологические проблемы. Однако, используемые на

сегодняшний день носители прикреплённой микрофлоры обладают несовершенной регенерацией, что является существенным недостатком этой технологии и трудно решаемой проблемой. В данной статье рассмотрены современные носители прикреплённых организмов, отмечены их достоинства и недостатки, предлагается модель нового носителя, имеющего более совершенную систему регенерации.

Ключевые слова: компактные установки, носители прикреплённых микроорганизмов, иммобилизация, регенерация, биологическая очистка, сточная жидкость.

DEVELOPMENT OF THE CARRIER OF THE ATTACHED MICROORGANISMS WITH THE IMPROVED REGENERATION

I.S. Melnikov, E.A. Razinkova, A.P. Kolodeznikova, A.P. Semyonova
Novosibirsk state university of architecture and civil engineering (Sibstrin)

Abstract. Use of the immobilized cultures is one of the priority directions of biological cleaning and tertiary treatment of waste liquid now. It allows stabilizing work of treatment facilities of the sewerage, it is essential to reduce the volume of constructions, also to increase efficiency of use of natural resources, and to solve environmental problems. However, the carriers of the attached microflora used today possess imperfect regeneration that is an essential shortcoming and hard solved problem. In this article, modern carriers of the attached organisms are considered and, considering their merits and demerits, the new carrier with the improved regeneration is developed.

Keywords: compact installations, carriers of the attached microorganisms, immobilization, regeneration.

Проблема очистки сточной жидкости и её подготовка для технических целей с каждым годом приобретает все большее значение. Сложность очистки стоков обусловлена прежде всего неравномерным поступлением стоков на очистку как по количеству, так и качеству. Постоянно изменяющаяся нагрузка на активный ил отрицательно сказывается на стабильности работы очистных сооружений, особенно биологической очистки, а также качестве очищенных стоков. Общеизвестно, что чем выше общая биомасса на стадии биологической очистки, тем меньше превышение этой нагрузки на 1 г сухого беззольного вещества, а значит стабильнее работает комплекс по очистке сточной жидкости. Одним из самых простых способов добиться значительного увеличения биомассы можно путем применения носителей прикреплённых микроорганизмов.

По сравнению с методами очистки стоков XX века, предусматривающими снижение только двух показателей (БПК и взвешенные вещества), современная технология должна включать в себя ещё и стадии глубокой очистки стоков от азота и фосфора. В связи с этим в состав очистных сооружений канализации начали включать ацидофикацию, внутриклеточное накопление полифосфатов, анаэробное окисление аммония (ANAMMOX), денитрификацию [1].

Биологическая очистка основана на жизнедеятельности микроорганизмов, которые способствуют окислению или восстановлению органических веществ, находящихся в сточных водах в виде тонких суспензий и коллоидов. Они используются микроорганизмами в качестве источников энергии и

питательных веществ. В результате бактериальной трансформации этих веществ происходит очистка сточных вод от загрязнений.

На сегодня биологическую очистку стоков осуществляют с помощью свободноплавающего активного ила. К сожалению, при увеличении нагрузки на аэротенки как по воде, так и по загрязнениям требуется увеличивать дозу ила в этом сооружении, что крайне сложно реализовать в производственных условиях, так как требуется повышать объёмы вторичных отстойников. При остром недостатке объёмов вторичных отстойников наблюдается вынос активного ила из вторичных отстойников от незначительного до массового. Данная проблема решается при использовании в аэротенках свободно плавающих и прикрепленных микроорганизмов [2].

Использование биоплёнки, культивируемой на носителях прикрепленных микроорганизмов, получает всё большее распространение особенно в связи с применением подхода, который можно назвать «биоплёнка-биореактор». В такой биоплёнке помимо микроорганизмов, осуществляющих процесс биодegradации, присутствуют специально введённые в неё организмы, повышающие их устойчивость или производительность микроорганизмов-деструкторов [3, 4].

Ключевым моментом, обуславливающим эффективность биопленочной технологии, является выбор носителя, который должен обладать определенными характеристиками: нерастворимостью, высокой химической и биологической стойкостью, значительной гидрофильностью и достаточной проницаемостью. Носители, в свою очередь, должны быть легко проницаемыми, способными защищать микроорганизмы от механических, аэро- и гидродинамических воздействий, а также выдерживать резкие изменения pH, температуры, концентрации загрязнителей.

Цель настоящей работы заключается в разработке носителя прикрепленных микроорганизмов, который можно легко, просто, качественно и эффективно регенерировать.

Актуальность настоящих научных исследований состоит в использовании иммобилизованных культур, позволяющих стабилизировать работу комплекса по очистке сточных вод, увеличить продолжительность пребывания микроорганизмов в биологической системе, а длительное пребывание биомассы в аэротенке приводит к снижению прироста избыточного активного ила.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследований: выполнить литературный обзор по данной проблеме, разработать модель экспериментальной установки с использованием носителей прикрепленных микроорганизмов, провести исследование по изучению влияния носителей прикрепленных микроорганизмов на качество биологически очищенной и доочищенной сточной жидкости, произвести выбор метода математической обработки и обработать экспериментальные данные, выполнить технико-экономическое сравнение классического и рекомендуемого вариантов, разработать рекомендации для внедрения в производство результатов исследований.

Практическая значимость настоящей работы заключается в уменьшении объемов сооружений биологической очистки, результаты исследований можно использовать на сооружениях большой, средней и малой производительности.

На сегодня наиболее распространенными носителями прикрепленных микроорганизмов являются насадки: «Вия», блоки биологической загрузки ББЗ-65, ББЗ-65П-10, ББЗ-45П-15, а также кассеты с носителем биомассы в виде цилиндрических элементов из melt-blown материала.

Насадки типа «Вия» относятся к способам предупреждения биообрастания водных систем и может быть использовано для борьбы с биологическим обрастанием теплообменников, труб и других поверхностей, которые омываются водой в химической, нефтехимической, фармацевтической, пищевой, текстильной и других отраслей промышленности и энергетики. Решение задачи достигается благодаря тому, что, во-первых, устройство для борьбы с биообрастанием оборудовано волокнистой насадкой, изготовленной в виде плоских, а не объемных как ершики, крепких и технологичных образований - насадки типа "Вия". Во-вторых, плоская насадка типа "Вия" размещается (располагается) в устройстве горизонтально, что делает поверхность каждого волоконца доступной для поселения на нем биообрастателей, и облегчает регенерацию насадки. В-третьих, - это самое важное - предлагаемый способ предусматривает поселение в устройстве для борьбы с биообрастанием (а именно на насадку "Вия") гидробионтов-хищников различных трофических уровней, которые поедают микроорганизмов-обрастателей и друг друга и таким образом осуществляют постоянную естественную биологическую регенерацию насадки, увеличивая время непрерывного функционирования устройства. [5, 6].

Устройство (рис. 1) состоит из емкости с конусным днищем 1 с размещенной в ней насадкой типа "Вия" 2, емкость 1 имеет также узлы для подачи 3 и отвода 4 воды, байпас 5, узел подачи и диспергирования воздуха 6, трубу для опорожнения емкости 7. Насадка типа "Вия" 2 размещена в емкости 1 горизонтальными рядами, которые смещены относительно друг друга для обеспечения надежного контакта воды, которая протекает через устройство, с насадкой. На насадку "Вия" поселяют гидробионтов-хищников первого и второго трофических уровней (простейших, ракообразных, моллюсков и др.).

Другим не менее эффективным носителем прикрепленных микроорганизмов является биологическая загрузка ББЗ-65, разработанную и предложенную для производственного внедрения в 2006 году в ОАО «НИИ ВОДГЕО». Установлено, что наличие биоагрузки ББЗ-65 в аэротенках создает условия для удержания активного ила в системе, повышает её стабильность и качество очистки, особенно при склонности активного ила к вспуханию и при низких концентрациях органических загрязнений в сточной воде. По результатам испытаний биоагрузки ББЗ-65 было получено оптимальное количество ила [7].

Новые биоагрузки ББЗ-65П-10 и ББЗ-45П-14 производства ООО «Техводполимер» отличаются от биоагрузки ББЗ-65 более шероховатой структурой поверхности (за счет специальных добавок). Кроме того, новые

виды биоагрузки различаются геометрическими размерами ячеек и удельной площадью поверхности. Технические характеристики загрузочных материалов, используемых в процессе испытаний приведены в таблице 1. Общий вид этих биоагрузок представлен на рис. 2.

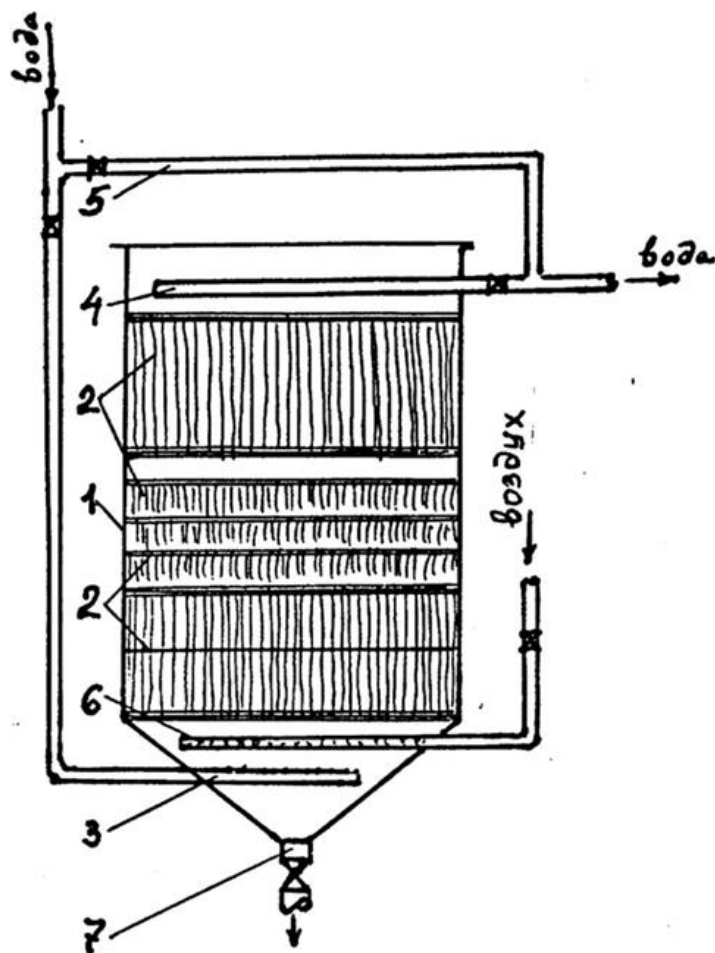


Рис. 1. Устройство для предупреждения биообрастания:
 1 – ёмкость с конусным дном; 2 – насадка типа «Вия»; 3 – подача воды; 4 – отвод воды; 5 – байпас; 6 – подача воздуха; 7 – опорожнение ёмкости



Рис. 2. Общий вид биоагрузки

Технические характеристики биоагрузок

Марка загрузки	Плотность, кг/м ³	Удельная поверхность	
		по объему, м ² /м ³	по массе, м ² /кг
ББЗ-65	32	65	2
ББЗ-65П-10	32	78	2,4
ББЗ-45П-14	42	300	7,1

Из всех представленных носителей прикрепленных микроорганизмов кассеты в виде цилиндрических элементов из melt-blown материала (рис. 3) являются самыми высокоперспективными для использования в аэротенках. Волокнисто-пористый полимерный материал с равномерной структурой и упорядоченным взаимным расположением основной массы волокон обеспечивает наилучшие условия для равномерного пропускания через него воздуха (аэрации) [8]. Немаловажно, что технологические способности melt-blown материала позволяют в широких пределах варьировать толщину волокон, параметры пористой системы и жёсткость конструкции в целом.



Рис. 3. Кассеты с носителем биомассы в аэротенке

Исследуя современные носители прикрепленной микрофлоры, была разработана конструкция (ПВХ), учитывающая преимущества и недостатки известных носителей (рис. 4). ПВХ каркас устройства обтянут сеткой, на которые иммобилизуются микроорганизмы путем включения в заранее подготовленные ячейки диаметром 0,7 мм. Внутри каркаса диаметром 110 мм и длиной 0,25 м вертикально натянута такая же сетка. Регенерация носителя осуществляется путём хаотичного движения керамзита средней фракции, расположенного внутри конструкции. Специальная конструкция разработана с целью решения проблемы регенерации носителя от закрепленных на нём частиц биопленки.

Исследования проводились на натуральной сточной жидкости и натуральном активном иле Новосибирских очистных сооружений канализации. Для данной станции сточная жидкость характеризуется точная жидкость характеризуется как средне концентрированная: ХПК 400-700 мг/л, азот

аммония 35-60 мг/л, фосфор (по P⁺) 4-8 мг/л, рН 7,2-7,6. Экспериментальная установка работала в непрерывном режиме в течение 6-10 дней. Показатели оценки работы экспериментальной установки, изображенной на рис. 5: ХПК, взвешенные вещества, азот аммония, нитриты, нитраты, хлориды, сульфаты, рН, температура.



Рис. 4. Разработанный носитель прикрепленной микрофлоры

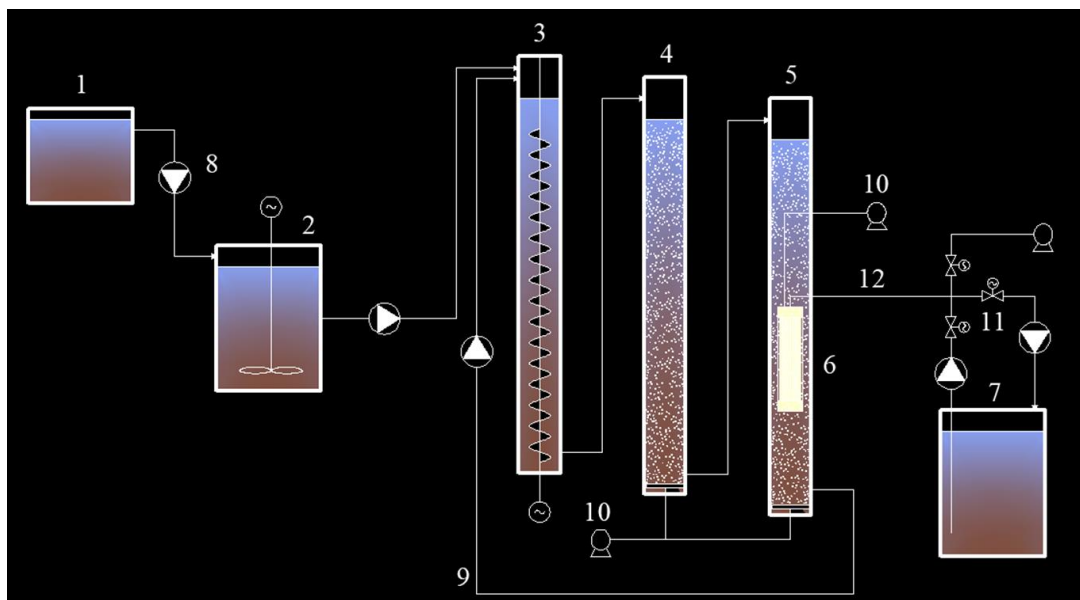


Рис. 5. Схема экспериментальной установки

1-первичный отстойник; 2-резервуар усреднитель; 3-денитрификатор; 4-аэротенк; 5-нитрификатор; 6-носитель прикрепленных микроорганизмов; 7-вторичный отстойник; 8-насос; 9-циркулирующий активный ил; 10-компрессор; 11-задвижка; 12-отвод сточной жидкости во вторичный отстойник

Вывод: Разработаны мероприятия для внедрения результатов научных исследований, посвященных совершенствованию конструкций компактных установках.

Список литературы

1. Козлов М.Н. Микробиологический контроль активного ила биореакторов очистки сточных вод от биогенных элементов / М.Н. Козлов, А.Г. Дорофеев, В.Г. Асеева. – М.: Наука, 2012 – 80 с.
2. Кобызева Н.В. Разработка технологии очистки сточной воды с использованием иммобилизованной микрофлоры // Вестник ОГУ №1/ Январь, 2009. С. 104-107.
3. Плакунов В.К., Николаев Ю.А. Микробные биоплёнки: перспективы использования при очистке сточных вод// Вода: Химия и экология 2008 г - №2, С11-13.
4. Сироткин А.С. и др. Агрегация микроорганизмов: флоккулы, биопленки, микробные гранулы. Академия наук Республики Татарстан. Казань. ФЭН: Академия наук РТ 2007-151 с.
5. Гвоздяк П.И., Никоновская Г.Н., Удилова О.Ф., Глоба Л.И. Роль волокнистой насадки в предотвращении биообрастаний аппаратов. // Химия и технология воды. 1990, N 5, с. 462-466.
6. А. с. СССР N 1535842, кл. С 02 F 1/50. Способ предотвращения биообрастаний в системах оборотного водоснабжения. /П.И. Гвоздяк, Г.Н. Никовская, Л.И.Глоба и др. - Опублик. 15.01.90, Бюл. N 2.
7. Швецов В.Н., Морозова К.М., Семенов М.Ю. и др. Проведение испытаний и подготовка заключения по использованию блоков биоагрузки на сооружениях биологической очистки сточных вод: Научно-технический отчёт НИИ ВОДГЕО. – М., 2006.
8. Вострова, Р.Н. Использование кассет с носителем биомассы на сооружениях очистки сточных вод / Р.Н. Вострова, А.В. Роденко, Д.В. Макаров // Вода Magazine. – 2015. - №8 (96). – С.20-23.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЧИСТОВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Д.А. Рычков¹, П.В. Архипов¹, А.Р. Янюшкин², Н.С. Ермоленко¹, В.Ю. Войтович¹

¹*Братский государственный университет*

²*Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова*

Аннотация. Статья посвящена исследованию зависимости качественных параметров обработанной поверхности труднообрабатываемых композиционных материалов при чистовом фрезеровании от режимов резания и геометрических параметров режущего инструмента с применением различных марок инструментальных материалов. Результаты исследования позволили глубже изучить специфику резания композитов на полимерной основе, уточнить процесс стружкообразования и выявить причины интенсивного износа

режущего инструмента, а также спрогнозировать качество обработанной поверхности в зависимости от выбранных параметров фрезерования.

Ключевые слова: композиционные материалы, фрезерование, режимы резания.

STUDY OF MECHANICAL BEHAVIOR OF HIGH-STRENGTH COMPOSITION POLYMER MATERIALS IN CLEAN MILLING

D.A. Rychkov¹, P.V. Arkhipov¹, A.R. Yanyushkin², N.S. Ermolenko¹,
V.Yu. Voytovich¹

¹Bratsk State University

²I.N. Ulianov Chuvash State University

Abstract. The article is devoted to the study of the dependence of the quality parameters of the machined surface of difficult-to-work composite materials in the course of finishing milling on the cutting conditions and geometrical parameters of the cutting tool with the use of various grades of tool materials. The research results allowed a deeper study of the specifics of cutting composites on a polymer base, clarifying the chip formation process and identifying the causes of intense wear of the cutting tool, as well as predicting the quality of the machined surface depending on the selected milling parameters.

Keywords: composite materials, milling, cutting conditions.

Фрезерование является весьма распространенным способом обработки деталей, когда требуется получить плоские и фасонные поверхности высокого качества. Фрезерование металлов широко представлено в литературе с подробными рекомендациями по назначению режимов резания, выбору режущего инструмента, применению инструментальных материалов и т.п. В то же время обработка резанием композиционных материалов в настоящее время исследована недостаточно. Рекомендации по фрезерованию полимерных композитов у разных исследователей представлены в слишком больших диапазонах и для узкого профиля технологических операций [1–3]. Это затрудняет проектирование технологических процессов обработки при варьировании обрабатываемого и инструментального материалов для определенных производственных условий. Важной проблемой также является выбор конструктивных параметров режущего инструмента, поскольку его износ при обработке стеклотекстолитовых полимерных композитов характеризуется высокой интенсивностью [4].

Для определения интенсивности износа режущего инструмента при обработке стеклотекстолита нами проведены лабораторные испытания для оценки параметров эксперимента при дальнейших исследованиях. Для лабораторного испытания выбрана фреза, позволяющая обрабатывать плоскую поверхность на заготовке из листового стеклотекстолита толщиной 10 мм (рис. 1, а). Режущая часть фрезы выполнена из твердого сплава марки ВК60М с передним углом $\gamma = 25^\circ$ и задним углом $\alpha = 10^\circ$. Марка твердого сплава выбрана с учетом известных данных по резанию композиционных материалов, анализ которых позволил установить, что режущая часть в этом случае должна обладать высокой прочностью и твердостью [1–3, 5, 6]. Геометрические

параметры выбраны на основе ранее проведенных исследований по резанию композиционных полимерных материалов [6–8].

Обработка стеклотекстолита проводилась с глубиной резания $t = 0,5$ мм, подачей на зуб $S_z = 0,1$ мм/зуб и скоростью резания, изменяющейся от 19,2 м/с до 51,5 м/с.

В процессе резания стеклотекстолита отделяется стружка в виде мелкодисперсных частиц, которая разлетается на большие расстояния от зоны обработки. В связи с этим стенд для фрезерования стеклотекстолита был дооборудован системой местной вытяжной вентиляции и применялись защитные респираторные маски.

Предполагаемая модель образования стружки при фрезеровании стеклотекстолита (рис. 1, б) основана на гипотезе формирования нескольких зон: зоны деформации обрабатываемого материала, где происходит сжатие и сдвиг слоев под воздействием силы резания; зоны дробления обрабатываемого материала, где происходит разрушение слоев в результате их взаимодействия с передней поверхностью режущего лезвия; зоны образования мелкодисперсных частиц, где материал продолжает разрушаться, превращаясь в пыль.

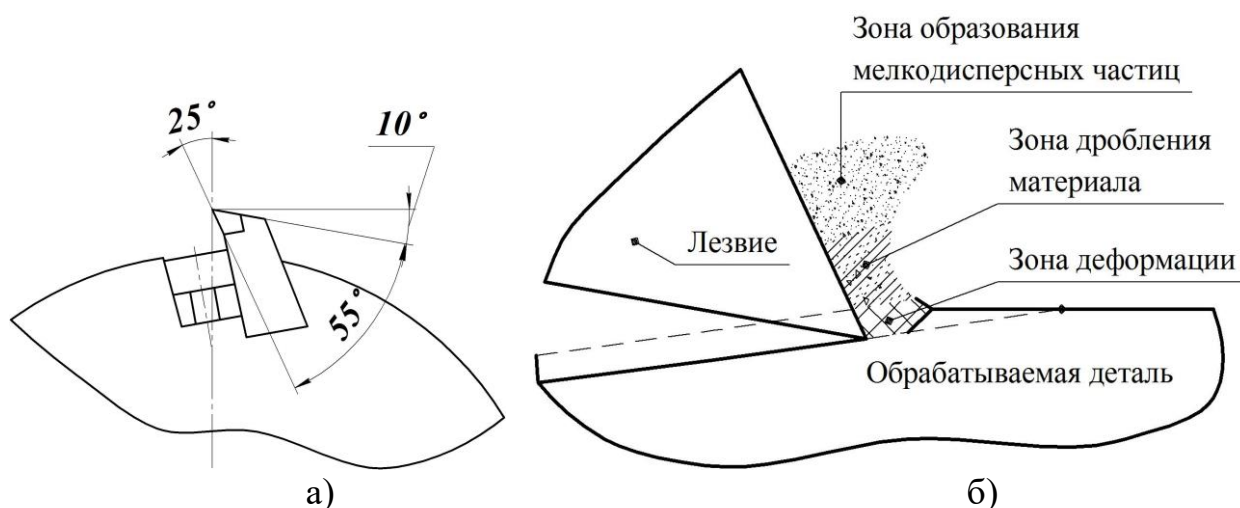
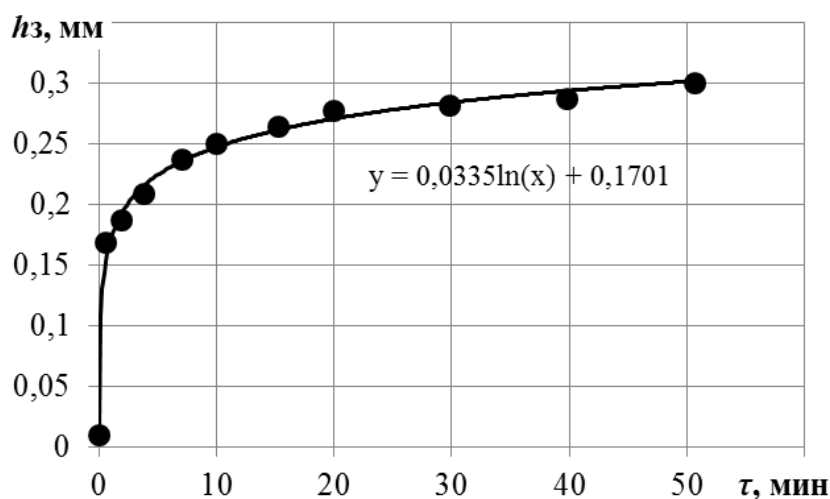
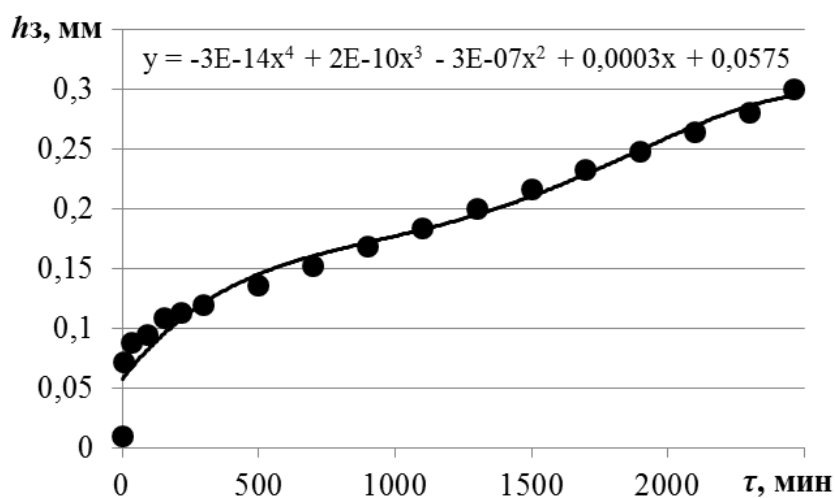


Рис. 1. Резание композиционных материалов:
а) конструкция фрезы; б) модель образования стружки

Характер износа режущего инструмента при обработке стеклотекстолита можно оценить по кривым износа, полученным в результате лабораторного испытания (рис. 2). Оценку износостойкости режущего инструмента проводили по критерию величины фаски износа по задней поверхности $h_z = 0,3$ мм. Этот параметр является определяющим при обработке композиционных материалов на полимерной основе. Увеличение величины износа приводит к неудовлетворительному качеству поверхности, росту температуры в зоне резания, появлению прижогов на поверхности и значительным вибрациям оборудования.



а)



б)

Рис. 2. Кривые износа режущего инструмента в зависимости от времени обработки:

а) при $V = 51,5$ м/с; $S_z = 0,1$ мм/зуб; $t = 0,5$ мм;

б) при $V = 19,2$ м/с; $S_z = 0,1$ мм/зуб; $t = 0,5$ мм

По результатам исследования при фрезеровании стеклотекстолита характерно резкое увеличение фаски износа от околонулевого значения до определенной величины, различной при разных условиях. При высокой скорости резания ($V = 51,5$ м/с) этот период приработки режущего инструмента наступает при $h_3 = 0,22$ мм и $\tau = 5$ мин (рис. 2, а). При низкой скорости резания ($V = 19,2$ м/с) период приработки составляет около 8 минут с фаской износа по задней поверхности $h_3 = 0,07$ мм (рис. 2, б).

Изменение скорости резания оказывает значительное влияние на период стойкости режущего инструмента. С уменьшением скорости резания период стойкости имеет тенденцию к резкому росту. В настоящем исследовании стойкость режущего инструмента увеличивается от 50 до 2460 минут при уменьшении скорости от 51,5 до 19,2 м/с и имеет степенную зависимость (рис. 3).

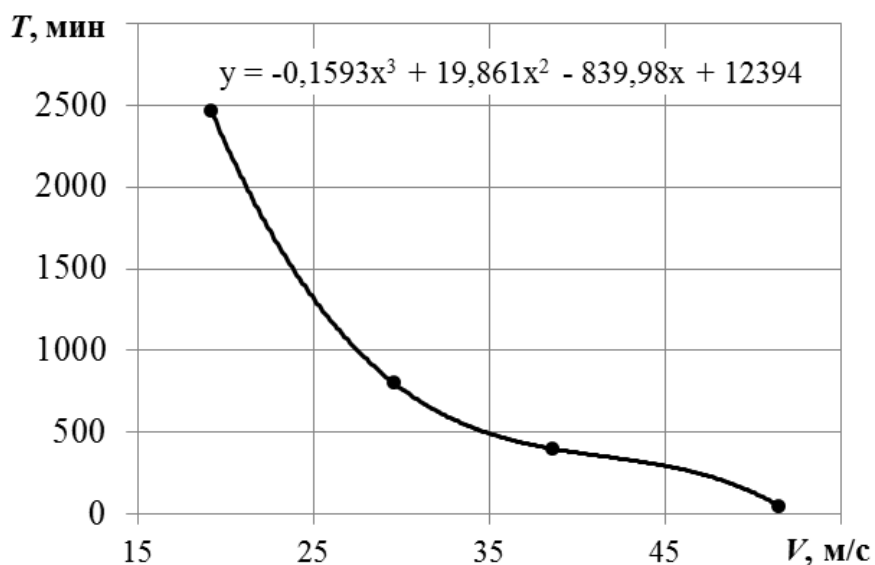


Рис. 3. Зависимость периода стойкости режущего инструмента от скорости резания

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Конструкция фрезерного инструмента должна предполагать высокую прочность, твердость и износостойкость режущей части. Ее геометрию рекомендуется формировать с увеличенными углами резания для обеспечения качества обработанной поверхности.

2. При формировании режущей части инструмента возникают проблемы с качеством образованных поверхностей и образованием дефектов на режущей кромке. Затачивание режущего инструмента рекомендуется проводить электроалмазным способом с одновременной электрохимической правкой шлифовального круга на металлической связке и травлением обрабатываемой поверхности.

3. При фрезеровании композиционных полимерных материалов характерен износ режущего инструмента по задней поверхности с образованием фаски. С увеличением скорости резания интенсивность роста фаски износа существенно возрастает, поэтому при назначении режимов резания следует руководствоваться рациональным сочетанием работоспособности режущего инструмента, качества обработанной поверхности и производительности обработки.

Список литературы

1. Мордвин М.А., Якимов С.В., Баклушин С.М. Рекомендации по механической обработке композиционных материалов // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2010. № 2. С. 26–29.

2. Марков А.М. Технологические особенности механической обработки деталей из композиционных материалов // Научные технологии в машиностроении. 2014. № 7 (37). С. 3–8.

3. Марков А.М., Черданцев П.О., Гайст С.В., Катаева С.А. Экспериментальные исследования фрезерования композиционных материалов // Инновации в машиностроении. Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2015. С. 99–104.

4. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Рычков Д.А. Технологические методы изготовления и выбора режущего инструмента для фрезерования композиционных материалов на полимерной основе // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2015. Т. 15. № 1. С. 35–46.

5. Рычков Д.А. Определение периода стойкости режущего инструмента при фрезеровании стеклотекстолита // Потенциал современной науки. 2014. № 2. С. 48–52.

6. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.

7. Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В. Качество поверхности композиционного материала стеклотекстолит после фрезерования // Инновационные технологии и экономика в машиностроении Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2014. С. 343–347.

8. Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В. Исследование качества поверхности при формировании режущей кромки фрезерного инструмента для обработки композиционных материалов // Актуальные проблемы в машиностроении. 2014. № 1. С. 582–588.

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКИХ СЛОИСТЫХ СТРУКТУР

К.Б. Саидзода¹, М.М. Сафаров²

¹Технологический университет Таджикистана, Душанбе

²ФМГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В работе приводится получение тонких слоистых структур. Данный метод получения тонких пленок основан на нагреве в вакууме вещества до его активного испарения и конденсации испаренных атомов на поверхности подложки. К достоинствам метода осаждения тонких пленок термическим испарением относятся высокая чистота осаждаемого материала (процесс проводится при высоком и сверхвысоком вакууме), универсальность (наносит пленки металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков) и относительная простота реализации. Ограничениями метода являются нерегулируемая скорость осаждения, низкая, непостоянная и нерегулируемая энергия осаждаемых частиц.

Ключевые слова: структурные и сегнетоэлектрические свойства, темпы роста, фазовый состав и стехиометрия выращенных плёнок зависят от параметров распыления, среди которых температура подложки, давление и состав газа, мощность распыления, расстояние мишень-подложка, состав мишени.

TECHNOLOGY OF FORMATION OF THIN LAMINATED STRUCTURES

K.B. Saidzoda¹, M.M. Safarov²

Abstract. The paper presents the production of thin layered structures. This method of producing thin films is based on heating the substance in vacuum to its active evaporation and condensing evaporated atoms on the surface of the substrate. The advantages of the method of deposition of thin films by thermal evaporation include high purity of the deposited material (the process is carried out at high and ultrahigh vacuum), versatility (films of metals, alloys, semiconductors, dielectrics are applied) and relative ease of implementation. The limitations of the method are unregulated deposition rate, low, non-constant and unregulated energy of the deposited particles.

Keywords. *The structural and ferroelectric properties, growth rates, phase composition and stoichiometry of the grown films depend on the sputtering parameters, including the substrate temperature, gas pressure and composition, sputtering power, target-substrate distance, and target composition.*

Тонкие пленки— это слои вещества толщиной от долей нанометра до нескольких микрометров, обладающие рядом особенностей атомно-кристаллической структуры, магнитных, электрических и других физических свойств. Для современного исследования сложных оксидных материалов была необходима разработка новых методов роста и описания, которые предоставили исследователям широкий доступ для изучения этих материалов. Разработка новых методов роста тонких плёнок позволяет создавать неравновесные фазы материалов и технически изменять существующие материалы. Создание тонких плёнок предлагает путь к открытию и изучению ряда новых мультиферроиков. Сегнетоэлектрические, магнитные и мультиферроидные тонкие плёнки и наноструктуры могут быть получены различными методами, но в данной работе подробно остановимся на физических вакуумных методах для создания поликристаллических пленок.

1. Термическое испарение; 2. Высокочастотное катодное распыление; 3. Высокочастотное магнетронное распыление

Структурные и сегнетоэлектрические свойства, темпы роста, фазовый состав и стехиометрия выращенных плёнок зависят от параметров распыления, среди которых температура подложки, давление и состав газа, мощность распыления, расстояние мишень-подложка, состав мишени.

Термическое испарение

Этот метод получения тонких пленок основан на нагреве в вакууме вещества до его активного испарения и конденсации испаренных атомов на поверхности подложки. К достоинствам метода осаждения тонких пленок термическим испарением относятся высокая чистота осаждаемого материала (процесс проводится при высоком и сверхвысоком вакууме), универсальность (наносит пленки металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков) и относительная простота реализации. Ограничениями метода являются нерегулируемая скорость осаждения, низкая, непостоянная и нерегулируемая энергия осаждаемых частиц. Упрощенная схема вакуумной установки для получения тонких пленок путем термического испарения представлена на рис.

1. Вещество, подлежащее напылению, помещают в устройство нагрева (испаритель) 1, где оно при достаточно высокой температуре интенсивно испаряется. В вакууме, который создается внутри камеры специальными насосами, молекулы испаренного вещества свободно и быстро распространяются в окружающее пространство, достигая, в частности, поверхности подложки 2. Если температура подложки не превышает критического значения, происходит конденсация вещества на подложке, то есть рост пленки.

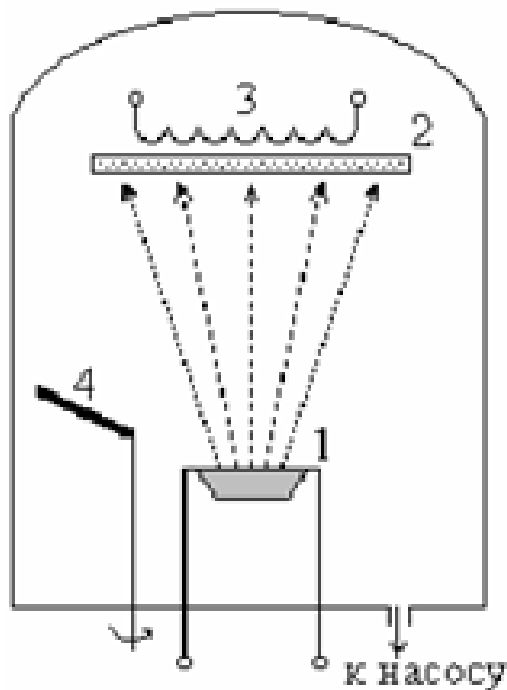


Рис. 1 - Схема установки термического испарения

На начальном этапе испарения во избежание загрязнения пленки за счет примесей, адсорбированных поверхностью испаряемого вещества, а также для вывода испарителя на рабочую температуру используется заслонка 4, временно перекрывающая поток вещества на подложку. В зависимости от функционального назначения пленки в процессе осаждения контролируется время напыления, толщина, электрическое сопротивление или какой-либо другой параметр. По достижении заданного значения параметра заслонка вновь перекрывает поток вещества и процесс роста пленки прекращается. Нагрев подложки с помощью нагревателя 3 перед напылением способствует десорбции адсорбированных на ее поверхности атомов, а в процессе осаждения создает условия для улучшения структуры растущей пленки. Непрерывно работающая система откачки поддерживает вакуум порядка 10^{-4} Па. Разогрев испаряемого вещества до температур, при которых оно интенсивно испаряется, осуществляют электронным или лазерным лучом, СВЧ-излучением, с помощью резистивных подогревателей (путем непосредственного пропускания электрического тока через образец из нужного вещества или теплопередачей от нагретой спирали). В целом метод отличается большим разнообразием как по способам разогрева

испаряемого вещества, так и по конструкциям испарителей. Если требуется получить пленку из многокомпонентного вещества, то используют несколько испарителей. Поскольку скорости испарения у различных компонентов разные, то обеспечить воспроизводимость химического состава получаемых многокомпонентных пленок довольно сложно. Поэтому метод термовакuumного напыления используют в основном для чистых металлов. Весь процесс термовакuumного напыления можно разбить на три стадии: испарение атомов вещества, перенос их к подложке и конденсация. Испарение вещества с поверхности имеет место, вообще говоря, при любой температуре, отличной от абсолютного нуля. Если допустить, что процесс испарения молекул (атомов) вещества протекает в камере, стенки которой достаточно сильно нагреты и не конденсируют пар (отражают молекулы), то процесс испарения становится равновесным, то есть число молекул, покидающих поверхность вещества, равно числу молекул, возвращающихся в вещество. Давление пара, соответствующее равновесному состоянию системы, называется давлением насыщенного пара, или его упругостью. Практика показывает, что процесс осаждения пленок на подложку происходит с приемлемой для производства скоростью, если давление насыщенного пара примерно равно 1,3 Па. Температура вещества, при которой $p_{\text{и}}=1,3$ Па ($p_{\text{и}}$ – давление насыщенного пара при температуре испарения), называют условной температурой $T_{\text{усл}}$. Для некоторых веществ условная температура выше температуры плавления $T_{\text{пл}}$, для некоторых – ниже. Если $T_{\text{усл}} < T_{\text{пл}}$, то это вещество можно интенсивно испарять из твердой фазы (возгонкой). В противном случае испарение осуществляют из жидкой фазы. Зависимости давления насыщенного пара от температуры для всех веществ, используемых для напыления тонких пленок, представлены в различных справочниках в форме подробных таблиц или графиков. Вторая стадия процесса напыления тонких пленок – перенос молекул вещества от испарителя к подложке. Если обеспечить прямолинейное и направленное движение молекул к подложке, то можно получить высокий коэффициент использования материала, что особенно важно при осаждении дорогостоящих материалов. При прочих равных условиях это повышает также и скорость роста пленки на подложке. По мере испарения вещества интенсивность потока и диаграмма направленности для большинства типов испарителей постепенно меняются. В этих условиях последовательная обработка неподвижных подложек приводит к разбросу в значениях параметров пленки в пределах партии, обработанной за один вакуумный цикл. Для повышения воспроизводимости подложки устанавливаются на вращающийся диск-карусель. При вращении карусели подложки поочередно и многократно проходят над испарителем, за счет чего нивелируются условия осаждения для каждой подложки и устраняется влияние временной нестабильности испарителя. Третьей стадией процесса напыления тонких пленок является стадия конденсации атомов и молекул вещества на поверхности подложки. Эту стадию условно можно разбить на два этапа: начальный этап – от момента адсорбции первых атомов (молекул) на подложку до момента образования сплошного

покрытия, и завершающий этап, на котором происходит гомогенный рост пленки до заданной толщины.

Список литературы

1. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки: Пер. с англ.- М.: Мир, 1989.- 240 с.
2. Уфимцев В.Б., Акчурин Р.Х. Физико-химические основы жидко-фазной эпитаксии.- М.: Металлургия, 1983.- с.
3. Федосюк В.М., Шелег М.У., Касютич О.И. Многослойные магнит-ные структуры // Зарубежная радиоэлектроника.- 1990.- № 5.- С. 88 – 97.
4. Фельдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. - М: Мир, 1989. - 344 с.
5. Luth H. Surface and Interfaces of Solids. *Springer Series in Surface Science 15.* – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1993. – 356 p.

СУШКА ВЛАЖНЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ АЭРОФОНТАННОЙ СУШИЛКЕ

С.А. Светлов

*Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного
технического университета*

Аннотация. Приведен анализ процесса сушки влажных материалов. Рассмотрена конструкция циркуляционной аэрофонтанной сушилки для удаления влаги из дисперсных влажных материалов. Представлены уравнения и результаты расчёта технологических параметров процесса сушки продуктов переработки целлюлозы.

Ключевые слова: сушка, аэрофонтанная сушилка, влажный материал, параметр, расчёт, расход.

DRYING OF WET BULK MATERIALS IN A CIRCULATING AEROPHONTIC DRYER

S.A. Svetlov

Biysk Technological Institute (branch) of Altai State Technical University

Abstract. The analysis of the drying process of wet materials. The design of a circulating air-drier dryer for removing moisture from dispersed wet materials is considered. The equations and the results of calculating the technological parameters of the drying process of products of pulp processing are presented.

Keywords: drying, aerofountain dryer, wet material, parameter, calculation, consumption.

Большое число типов применяемых в промышленности сушилок связано с разнообразием высушиваемых материалов, их свойств и условий обработки. Наиболее часто для удаления влаги из влажных сыпучих материалов используются конвективные сушилки [1], в которых испарение влаги из высушиваемого материала происходит за счёт теплоты газообразного сушильного агента при контакте материала и теплоносителя. К этой группе

сушилок относятся пневматические сушилки, которые применяют для интенсивного удаления свободной (поверхностной) влаги, при этом скорость воздуха в сушильной трубе должна быть больше скорости уноса высушиваемых частиц и 1 кг воздуха перемещает от 20 кг высушиваемого материала.

Сушка влажных материалов, используемых в химической, строительной, пищевой промышленности, требует создания [2] высокопроизводительной техники непрерывного действия. Применение циркуляционной аэрофонтанной сушилки позволяет значительно быстрее, по сравнению с сушилками кипящего или фонтанирующего слоя, высушить влажные сыпучие материалы до требуемой и равномерной влажности готового продукта при минимальном количестве возвратных отходов.

Установка для сушки различных влажных сыпучих материалов представлена на рисунке 1. Установка содержит пневматическую циркуляционную аэрофонтанную сушилку 1, дозирующее устройство 2, загрузочный бункер 3 влажного материала; электрический калорифер 4 для нагрева сушильного агента, воздуходувку 5 для подачи воздуха, приёмный бункер 6, циклон 7 для осаждения высушенного продукта, фильтр 8 для очистки отработанного сушильного агента, вентиляторы 9 и вспомогательное оборудование.

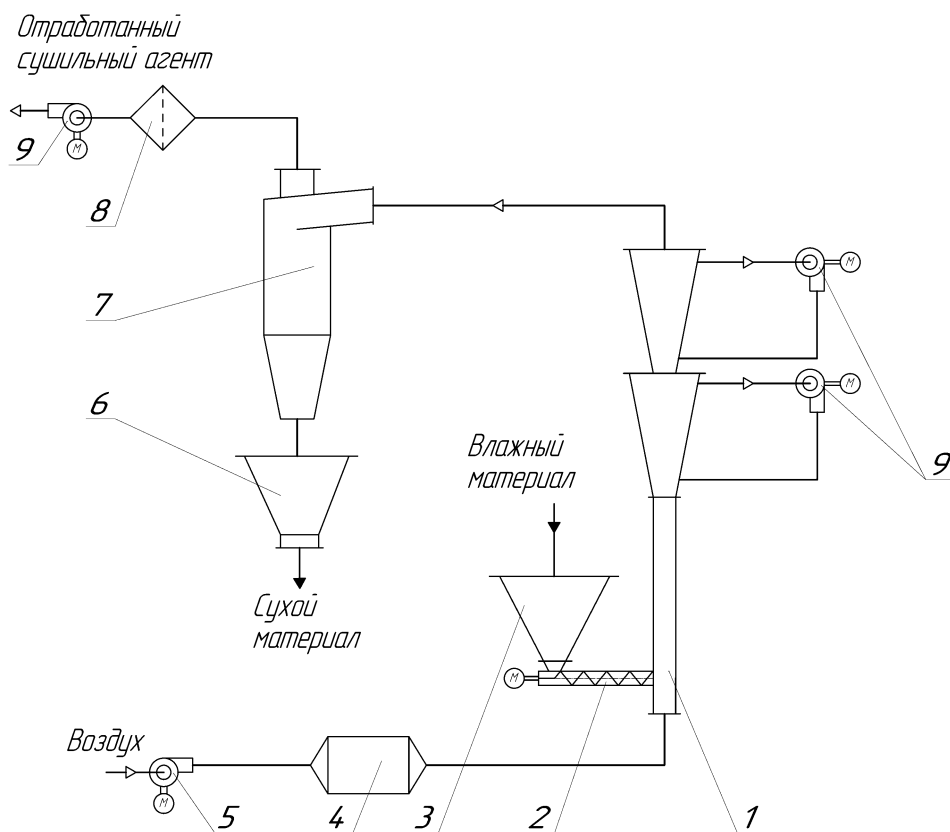


Рис. 1. Схема сушильной установки:

- 1 – циркуляционная аэрофонтанная сушилка; 2 – дозирующее устройство;
- 3 – загрузочный бункер; 4 – калорифер; 5 – воздуходувка;
- 6 – приёмный бункер; 7 – циклон; 8 – фильтр; 9 – вентилятор

Работа сушильной установки осуществляется следующим образом. В калорифере 4 наружный воздух подогревается до необходимой температуры от 120 до 200 °С. Подача нагретого воздуха в сушилку 1 обеспечивается воздуходувкой 4. Влажный материал из загрузочного бункера 3 с помощью дозирующего устройства 2 подаётся в аэрофонтанную сушилку 1, смешивается с горячим воздухом и транспортируется в расширители сушилки, в которых происходит разделение продукта на высушенный материал и материал, содержащий влагу. После достижения необходимой влажности высушенный продукт из сушилки поступает в циклон 7, в котором за счёт действия центробежных сил и сил тяжести частицы продукта осаждаются и далее поступают в приёмный бункер 6 готового продукта, а затем в контейнер или другую тару. Продукт, содержащий повышенный процент влаги, возвращается вентиляторами 9 снова в расширители сушилки для сушки его до требуемой влажности. Выходящий из циклона 7 сушильный агент очищается от пыли с помощью фильтра (скруббера) 8 и выводится из него вентилятором 9 в окружающую среду.

Схема циркуляционной аэрофонтанной сушилки показана на рис. 2.

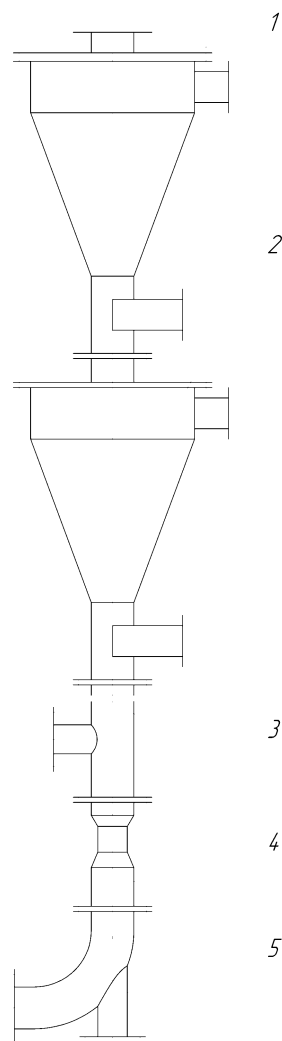


Рис. 2. Схема циркуляционной аэрофонтанной сушилки:
1 – крышка; 2 – расширитель; 3 – труба; 4 – сопло; 5 – воздуховод

Сушилка состоит из следующих сборочных единиц: крышки 1, расширителей 2 воздушного потока, трубы 3 для дозирования и ускорения частиц влажного сыпучего материала, сопла 4 и воздуховода 5 для подвода теплоносителя.

Для определения параметров процесса сушки необходимо рассчитать материальный и тепловой баланс работы аэрофонтанной сушильной установки, найти расход тепла и расход теплоносителя, требуемого для удаления влаги из исходного влажного материала.

Производительность сушилки по высушенному продукту составляет

$$G_2 = G_1 \frac{100 - w_1}{100 - w_2},$$

где G_1 – производительность сушилки по влажному материалу, кг/с; w_1, w_2 – влажность материала, соответственно, начальная и конечная, %.

Количество влаги, испаряемой из влажного материала в процессе сушки, находится из уравнения

$$W = G_1 - G_2,$$

Суммарный расход тепла в сушилке определялся, согласно [1], из уравнения

$$\sum Q = Q_{исп} + Q_M + Q_{\Pi}, \quad (1)$$

где $Q_{исп}$ – расход тепла на испарение влаги, Вт; Q_M – расход тепла на нагревание материала, Вт; Q_{Π} – потери тепла в окружающую среду, Вт.

Расход тепла на испарение влаги находился по формуле

$$Q_{исп} = W \cdot [r + c_{\Pi} \cdot (t_2 - T_1)],$$

где r – удельная теплота парообразования воды, Дж/кг; c_{Π} – средняя удельная теплоёмкость пара, Дж/(кг·К); t_2 – температура воздуха, выходящего из сушилки, °С; T_1 – начальная температура влажного материала, °С.

Примем температуру отработанного теплоносителя 100 °С, что позволит достаточно полно использовать тепло сушильного агента. Обычно температуру материала в потоке сушильного агента принимают на 10–20 °С ниже температуры отработанного теплоносителя. Расход тепла на нагревание материала составит

$$Q_M = G_2 \cdot c_M \cdot (T_2 - T_1),$$

где T_2 – температура материала после сушки, °С; c_M – удельная теплоёмкость материала, Дж/(кг·К).

Потери тепла в окружающую среду во время сушки составляют

$$Q_{\Pi} = q_{\Pi} \cdot W,$$

где q_{Π} – удельные потери тепла в окружающую среду, Дж/кг.

При конвективной сушке влажного материала расход газообразного теплоносителя подаваемого в сушилку определяется из теплового баланса сушилки. Количество тепла, поступающего в сушилку вместе с нагретым теплоносителем, равно

$$Q_1 = L \cdot I_1, \quad (2)$$

где L – расход сушильного агента, кг/с; I_1 – энтальпия газа на входе в сушилку, Дж/кг.

Используя уравнения (1) и (2), можно определить расход сушильного агента

$$L = \frac{\sum Q}{I_1 - I_2}, \quad (3)$$

где I_2 – энтальпия газа, выходящего из сушилки, Дж/кг.

Значения энтальпий воздуха перед сушилкой I_1 и после сушилки I_2 определяются следующим образом. Задаются параметры наружного воздуха (температура 20°C и относительная влажность 70 %). По диаграмме Рамзина [3] определяются параметры состояния воздуха перед калорифером и рассчитывается энтальпия наружного воздуха. Затем рассчитываются энтальпии I_1 и I_2 .

Подставляя значения I_1 и I_2 в уравнение (3), можно определить массовый расход воздуха L . Расход тепла на нагревание воздуха в калорифере находится из уравнения

$$Q = L \cdot (I_1 - I_0),$$

где I_0 – энтальпия наружного воздуха, Дж/кг.

Для различной производительности сушилки по влажному материалу рассчитаны параметры процесса сушки продуктов переработки целлюлозы и найдены значения расхода сушильного агента и расхода тепла, затрачиваемого на нагрев сушильного агента, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технологические расчётные параметры процесса сушки продуктов переработки целлюлозы

Расход влажного продукта, кг/с	Расход сушильного агента, кг/с	Расход тепла, Вт
0,5	0,0041	539
1,0	0,0082	1091
2,0	0,0162	2192
5,0	0,0412	5472
10	0,0824	10944

Полученные значения параметров позволяют предварительно выбрать воздуходувку, калорифер, вентиляторы и рассчитать габаритные размеры сушилки, а также рекомендовать дозирующее и вспомогательное оборудование и требуют уточнения исходя из гидродинамического расчёта сушилки и определения скорости теплоносителя.

На основе проведённых исследований разработана методика расчёта пневматической сушилки, определены технологические и конструктивные параметры процесса сушки продуктов переработки целлюлозы. Выявлены

особенности технологического процесса. Разработана конструкция циркуляционной аэрофонтанной сушилки для удаления влаги из влажных сыпучих материалов.

Список литературы

1. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
2. Светлов С.А., Пивоваров А.С. Расчет длительности процесса сушки // Современные проблемы технической химии: материалы докл. Всероссийской научно-техн. конф. В 2-х частях. Ч. 1. – Казань: КГТУ, 2002. – С. 169–171.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

ПОЛУЧЕНИЕ НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

С.А. Светлов

Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета

Аннотация. Рассмотрен процесс получения натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы. Представлена принципиальная схема производства. Приведено описание технологического процесса и используемого оборудования.

Ключевые слова: *целлюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, получение, схема, процесс, технология, оборудование.*

PREPARATION OF SODIUM SALT CARBOXYMETHYL CELLULOSE

S.A. Svetlov

Biysk Technological Institute (branch) of Altai State Technical University

Abstract. The process of obtaining sodium carboxymethylcellulose is considered. Presents a schematic diagram of the production. A description of the process and equipment used.

Keywords: *cellulose, carboxymethylcellulose, preparation, scheme, process, technology, equipment.*

Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) применяется в различных отраслях промышленного производства [1], в частности в текстильной, нефтяной, горнообогатительной, строительной промышленности, в производстве моющих веществ, керамики, буровых растворов, а также используется в качестве клеящего вещества.

С использованием оборудования производства хлопковой целлюлозы [2], а также реакционно-смесительных установок (PCY) и смесителей непрерывного действия организовано [3] производство натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы из хлопковой целлюлозы (XC) твёрдофазным способом. Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы представляет собой белую или слегка желтоватую порошкообразную мелкозернистую волокнистую массу, не содержащую посторонних включений. По физико-химическим показателям NaКМЦ техническая ТУ 6-55-40 должна соответствовать нормативным

показателям: массовая доля воды не более 12 % для высшего сорта, растворимость в воде не менее 98,5 %.

Технологический процесс производства технической NaKMЦ состоит (рисунок 1) из следующих стадий: подготовка сырья; получение сушильного газа; получение щелочной целлюлозы (процесс этерификации ХЦ); получение реакционной смеси щелочной целлюлозы с натриевой солью монохлоруксусной кислоты (NaMXУК); получение влажной карбоксиметилцеллюлозы (процесс карбоксиметилирования); сушка NaKMЦ и измельчение; очистка сушильных газов; расфасовка и упаковка готового продукта. На рисунке 1 представлена принципиальная схема получения натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы.

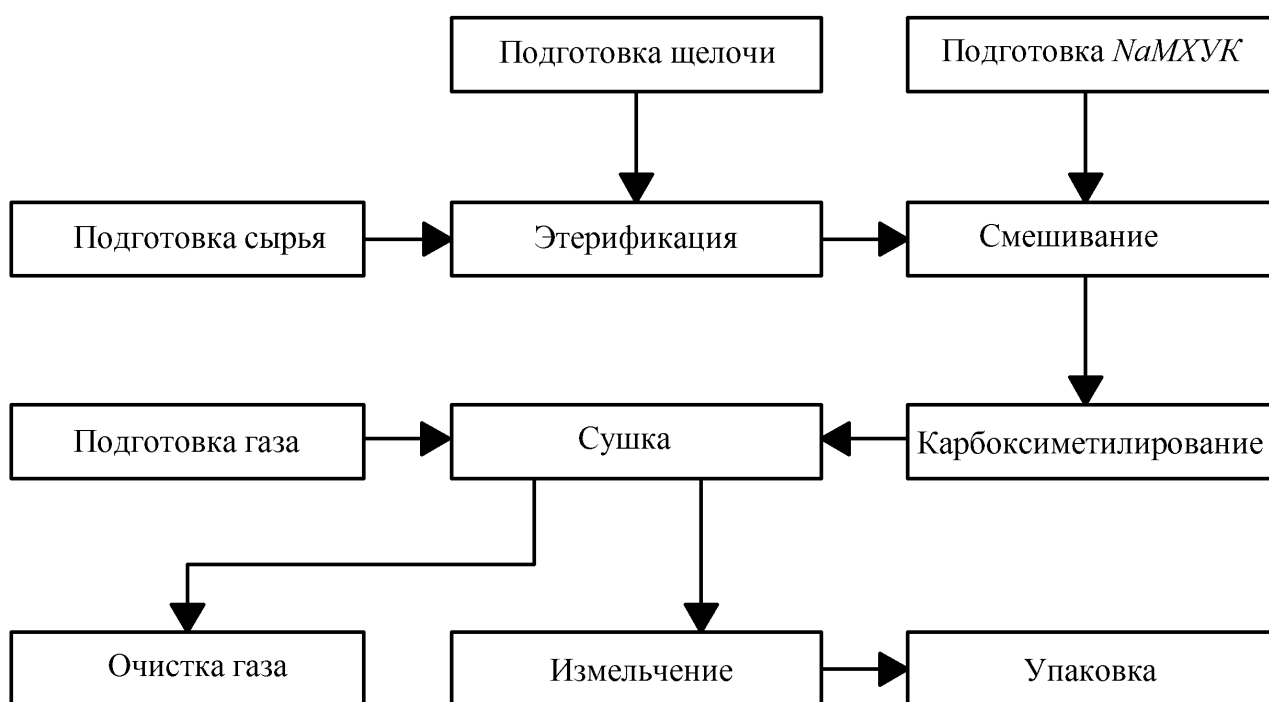


Рис. 1. Принципиальная схема получения натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы

Процесс получения карбоксиметилцеллюлозы заключается в следующем. Кипы хлопковой целлюлозы подвозятся к подъёмному механизму и поднимаются к месту загрузки в технологическое оборудование. Питающим транспортёром хлопковая целлюлоза с определённой скоростью подаётся в чеккер, где производится смачивание хлопковой целлюлозы раствором щёлочи, далее целлюлоза поступает в смеситель № 1. В смесителе происходит предварительное смешивание ХЦ со щёлочью. Щелочная целлюлоза методом вытеснения подаётся в горизонтальный шнек, откуда поступает в реакционно–смесительную установку № 1 (PCY № 1), где производится её дополнительное перемешивание и усреднение. Рабочие объёмы смесителя, горизонтального шнека и реакционно–смесительной установки охлаждаются водой.

Щелочная целлюлоза с помощью транспортирующих горизонтального и

наклонного шнеков подаётся в смеситель № 2. На выходе из наклонного шнека в полученную щелочную целлюлозу проводится непрерывная подача необходимого количества натриевой соли монохлоруксусной кислоты. В смесителе № 2 осуществляется предварительное смешивание щелочной целлюлозы с NaMXUK. При этом происходит получение реакционной смеси и начинается процесс карбоксиметилирования целлюлозы. Из смесителя № 2 полученная смесь методом вытеснения из рабочего объёма поступает в горизонтальный шнек и далее в РСУ № 2, где проводится дополнительное перемешивание и перетиранье массы. Наклонный шнек, РСУ № 2 и смеситель № 2 также охлаждаются водой.

Реакционная смесь из РСУ № 2 горизонтальным и вертикальным шнековыми конвейерами подаётся в вертикальный колонный аппарат – дозреватель, который предназначен для проведения процесса карбоксиметилирования целлюлозы. Аппарат–дозреватель представляет собой стальную футерованную ёмкость с рубашкой. В нижней конической части дозревателя на вращающемся зубчатом колесе установлены пластинчатые ножи. Производительность аппарата регулируется зазором между ножами. Дозреватель предназначен для проведения окончательного процесса карбоксиметилирования целлюлозы. Реакция карбоксиметилирования целлюлозы является экзотермической. Вследствие этого реакционная масса по мере продвижения в аппарате разогревается. Время пребывания реакционной массы в дозревателе меняется в зависимости от температуры массы, а также получаемой марки NaKMЦ. Регулирование времени пребывания массы в дозревателе производится степенью заполнения аппарата и настройкой расположения ножей на вращающемся днище дозревателя. Контроль за температурой в дозревателе в нижней, верхней и средней зонах аппарата осуществляется с пульта управления. Из дозревателя влажная NaKMЦ направляется в винтовой конвейер, в который дополнительно подаётся горячий воздух. Для предотвращения конденсации паров воды на стенках корпуса аппарата в рубашку корпуса подаётся горячая вода из подогревателя, в который она поступает из расходного бака, или конденсат с температурой 90–110 °С.

Для сушки технической натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы предложена технология удаления влаги из продукта с применением аэрофонтанной сушилки и шнек–транспортёрной сушилки [4]. Аэрофонтанная сушилка состоит из винтового конвейера, забрасывателя, трубы–сушилки и вентиляторов. Шнек–транспортёрная сушилка содержит расположенные наклонно сушильные секции. Влажная NaKMЦ из дозревателя наклонным винтовым конвейером транспортируется в забрасыватель (центробежный вентилятор), и далее в эжектор сушилки. Сушильный агент – дымовые газы подаются в сушилку вентилятором. Высушенный сыпучий материал потоком теплоносителя транспортируется в антициклон, где происходит осаждение готового продукта, а отработанный теплоноситель дымососом отводится в циклон хлопковой целлюлозы и скруббер для окончательной очистки от взвешенных частиц и пыли. Высушенный продукт из антициклона шлюзовым затвором подаётся в разделитель и далее на упаковку. В качестве

теплоносителя в технологическом процессе сушки КМЦ используются дымовые газы, получающиеся при сжигании пропана и бутана в газовой печи. Печь состоит из камеры смешивания продуктов сгорания с воздухом. Количество воздуха, подаваемого на сушку получаемого продукта, обеспечивается распределителями воздуха. Регулирование температуры дымовых газов осуществляется изменением количества воздуха, подаваемого на разбавление смеси.

Выявлены особенности технологического процесса получения натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы из хлопковой целлюлозы. Проанализирована работа оборудования, используемого в производстве на стадиях получения NaKMЦ. На ряде технологических операций оборудование требует усовершенствования с целью увеличения производительности процесса, снижения затрат энергии и повышения качества готового продукта.

Список литературы

1. Пивоваров А.С., Светлов С.А., Светлова Н.С. Определение теплофизических характеристик карбоксиметилцеллюлозы // Современные проблемы технической химии: материалы докл. Всероссийской научно-техн. конф. В 2-х частях. Ч. 1. – Казань: КГТУ, 2002. – С. 254–257.

2. Забелин Л.В., Закощиков А.П., Постников В.К. Хлопковая целлюлоза: учебное пособие. – М.: ЦНИИИТИ, 1976. – 279 с.

3. Светлов С.А., Сухинский А.Б. Удаление влаги из карбоксиметилцеллюлозы / Конверсия и высокие технологии: материалы Всероссийской научно-техн. и учебно-метод. конф. – Казань: КГТУ, 2000. С. 136–138.

4. Сухинский А.Б., Светлов С.А. Сушка карбоксиметилцеллюлозы / Научно-техническое творчество молодых: сб. тез. докл. 55-й научно-техн. конф. АлтГТУ. Часть 1. Барнаул: АлтГТУ, 1997. С. 111–112.

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ГЛОБУЛЯРНЫХ КАРБИДОВ В ЗЕРНИСТОМ БЕЙНИТЕ

В.В. Свищенко, А.Д. Печенкин, С.Д. Печенкина

Алтайский государственный технический университет

им. И.И. Ползунова

Аннотация. Настоящая работа является продолжением исследований особенностей морфологии зернистого бейнита. Изучена микроструктура зернистого бейнита стали 24Х2Н4Ач. Показано наличие глобулярной карбидной фазы в структуре зернистого бейнита. Уточнен механизм образования глобулярных карбидов при формировании структуры зернистого бейнита. Показано, что образование карбидной фазы глобулярной формы в зернистом бейните обусловлено выделением карбидов хрома.

Ключевые слова: *зернистый бейнит, глобулярная карбидная фаза, карбиды хрома.*

THE MECHANISM OF FORMATION OF GLOBULAR CARBIDES IN GRANULAR BAINITE

Abstract. This work is a continuation of studies of the morphology of granular bainite. Studied the microstructure of granular bainite steel 24X2HAч. The presence of a globular carbide phase in the structure of granular bainite is shown. The mechanism of formation of globular carbides in the formation of the structure of granular bainite is clarified. It is shown that the formation of the carbide phase of the globular form in granular bainite is due to the release of chromium carbides.

Keyword: *granular bainite, globular carbide phase, chromium carbides.*

Промежуточная структура конструкционной стали с карбидами глобулярной формы, получившая название зернистый бейнит, впервые была описана в работе [1]. Целью этой работы была разработка стали повышенной обрабатываемости методами точной штамповки в сочетании с высокими эксплуатационными свойствами после упрочняющей термообработки. Результатом работы была сталь 24X2HAч и новая технология термической обработки проката на оптимальную для холодной штамповки структуру зернистого перлита. Сталь 24X2HAч с 1984 по 1992 годы в значительных объёмах производилась на Донецком металлургическом заводе по ТУ 14-1-3779-84. Состав стали был подобран так, чтобы в полосовом прокате непосредственно после прокатки формировалась структура зернистого бейнита с карбидами глобулярной формы. После высокого отпуска такая структура зернистого бейнита трансформировалась в зернистый перлит. Недостатком стали было то, что её состав был технологически «привязан» к прокатному стану ДМЗ.

Наличие в промежуточной структуре карбидной фазы глобулярной формы не соответствовало научным представлениям того времени (время создания стали 24X2HAч). И в настоящее время структура зернистого бейнита остаётся недостаточно изученной, и нет однозначно доказанного механизма формирования карбидов глобулярной формы. В работах [1-2] в целом определены условия и предложен предположительный механизм формирования зернистого бейнита, в работах [3-6] предложенный механизм был дополнен. Кратко предложенный механизм заключается в следующем. Превращение должно начинаться в верхнем интервале промежуточной области. Превращение начинается с быстрого (стремительного) образования большого количества структурно свободной бейнитной α -фаза, названной мезоферритом. Углерод в аустените перераспределяется от фронта γ - α превращения, в результате чего не превращённый аустенит обогащается углеродом (многократно выше его среднего содержания в стали) и приобретает всё большую устойчивость. На определённом этапе превращения структура состоит из мезоферрита, блокировавшего (окружившего) не превращённый аустенит, и этого блокированного не превращённого аустенита, приобретшего вид островковых включений. Возникающие в процессе превращения объёмные изменения вызывают наклёп включений аустенита, что, как считалось и создаёт условия для его распада на механическую смесь, содержащую глобулярные карбиды. В

результате, в зависимости от концентрации углерода в аустените, часть его распадается на механическую смесь бейнитной α -фазы и глобулярных карбидов (собственно зернистый бейнит), другая часть претерпевает мартенситное превращение, и определённая часть остается не превращённой и присутствует в конечной структуре в виде остаточного аустенита.

Целью настоящей работы было уточнение механизма образования глобулярных карбидов в зернистом бейните.

Образцы для исследования изготавливали из прутка стали 24X2HAc следующего химического состава (вес. %): C-0,26%; Cr-1,2%; Ni-2,5%; Mn-0,65%; Si-0,37%; PЗМ-0,04%. Требуемую структуру зернистого бейнита получали методом торцевой закалки по методике изложенной в [5]. После торцевой закалки от 880°C на образце делали продольный шлиф, на котором для дальнейшего исследования выбирали участки со структурой зернистого бейнита. Для исследования полученной структуры использовали следующие методы:

- 1) оптическую микроскопию;
- 2) рентгеноструктурный анализ;
- 3) просвечивающая электронная микроскопия реплик;

Микроструктура зернистого бейнита приведена рисунке 1. Анализ полученной структуры и термокинетической диаграммы распада переохлажденного аустенита стали 24X2HAc (рисунок 2 [4]) показывает, что ее формирование шло при скорости охлаждения в пределах 2,0 – 2,5° C/с. Микроструктура выбранного участка состоит из 30-40% структурно-свободной α -фазы, и механической смеси. Основой последней является бейнитная α -фаза в которой присутствуют отличающиеся по размерам глобулярные включения. Включения в основном не имеют ориентировки в расположении, но распределены не равномерно. В отдельных участках видны скопления мелких включений. Часть мелких включений, по-видимому, являются карбидами, что, косвенно, подтверждается травлением щелочным раствором пикрата натрия. Определённая доля структурно-свободной α -фазы состоит из феррита, образовавшегося при распаде части аустенита выше промежуточной области. Некоторая доля структурно-свободной α -фазы, состоит из мезоферрита образовавшимся на начальном безкарбидном этапе промежуточного превращения.



Рис. 1. Оптическая микрофотография структуры зернистого бейнита \times 800.

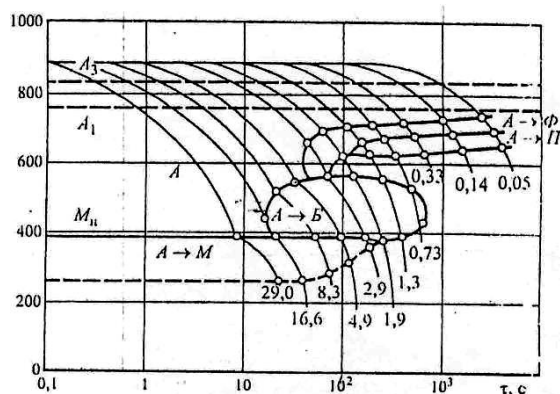


Рис. 2. Термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 24Х2Н4ч, [4]

Рентгенограмма исследуемой структуры зернистого бейнита приведена на рисунке 3. Рентгеноструктурное исследование показало, что в структуре наряду с α -фазой присутствует и остаточный аустенит (γ -фаза). Количество остаточного аустенита 10%, содержание углерода в остаточном аустените составляет 1,3%, то есть многократно превышает его среднее содержание в стали. Таким образом, часть видимых в промежуточной структуре включений должны быть остаточным аустенитом.

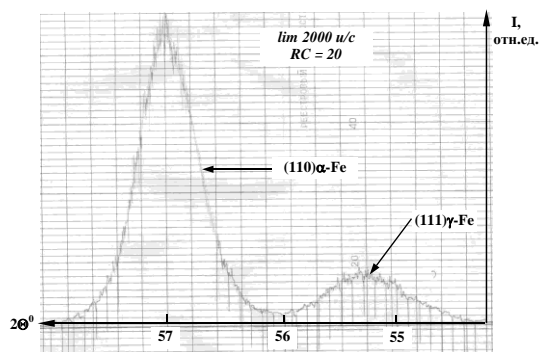
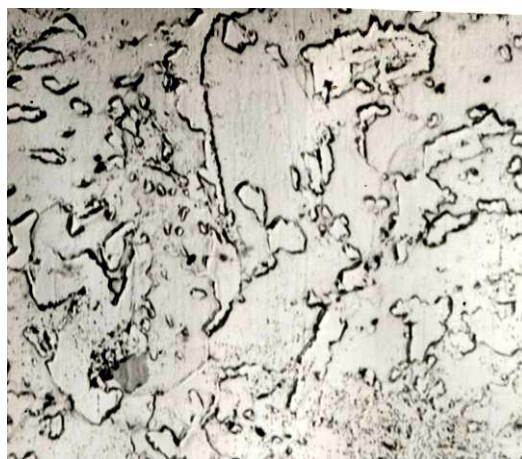
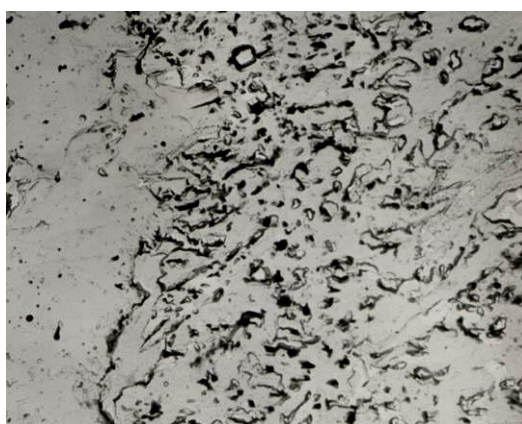


Рис. 3. Рентгенограмма, снятая на $Fe K_{\alpha}$ излучении с исследуемой структурой.

Электронная микроскопия реплик, снятых с образца со структурой зернистого бейнита (рисунок 4) подтверждает наличие механической смеси состоящей из матрицы и значительно отличающихся по размерам глобулярных включений. Очевидно, что более крупные глобулярные включения являются остаточным аустенитом, а мелкие карбидами. Мелкие включения в основном присутствуют в виде обособленных скоплений. Эти участки и являются зернистым бейнитом – механической смесью бейнитной α -фазы и глобулярных карбидов.



а)



б)

Рис. 4. Электронная микрофотография структуры зернистого бейнита
а) $\times 3000$; б) $\times 10000$.

Для объяснения причин образования в зернистом бейните карбидов глобулярной формы было обращено внимание на работу [7]. В данной работе показано, что основным типом карбида в зернистом бейните стали 24Х2НАч является карбид хрома $M_{23}C_6$ и объяснены причины его образования. Это резко поменяло существующие научные представления о типе карбидной фазы в конструкционных сталях с относительно не высоким содержанием хрома. Ранее считалось, что в таких сталях могут быть только карбиды цементитного типа, которые при распаде аустенита обычно и выделяются в пластинчатой форме. Карбиды же хрома обычно выделяются в глобулярной форме [8], что и обуславливает наблюдаемую глобулярную форму карбида в зернистом бейните стали 24Х2НАч.

ВЫВОДЫ

В зернистом бейните стали 24Х2НАч глобулярная форма карбидной фазы в основном обусловлена тем, что при распаде аустенита выделяется карбиды хрома, а не цементитные карбиды.

Список литературы

1. Свищенко, В.В. Разработка сталей повышенной обрабатываемости и технологии их предварительной сфероидизирующей термической обработки для тяжело нагруженных деталей машин, изготавливаемых точной чистовой вырубкой // Автореферат на соискание учёной степени к.т.н. Москва. 1985. 19 с.
2. Свищенко, В.В. Строение и механизм формирования зернистого бейнита // Труды Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1995. - С. 44-50
3. Кремнев, Л.С. Строение и механизм формирования зернистого бейнита в стали 20Х2НАч / Л.С. Кремнев, В.В. Свищенко, Д.П. Чепрасов // МиТОМ. 1997. №9. С.6-9.
4. Кремнев, Л.С. Скоростной диапазон образования зернистого бейнита при распаде аустенита стали 20Х2НАч / Л.С. Кремнев, В.В. Свищенко, Д.П. Чепрасов // МиТОМ. 1998. № 5. С. 17-19.
5. Кремнев, Л.С. Влияние температуры аустенитизации стали 20Х2НАч на строение бейнита / Л.С. Кремнев, В.В. Свищенко, Д.П. Чепрасов // МиТОМ. 1999. № 11. С. 15-17.
6. Свищенко, В.В. Образование мезоферрита и зернистого бейнита в низкоуглеродистой низколегированной стали / В.В. Свищенко, Д.П. Чепрасов, О.В. Антонюк // МиТОМ. 2004. № 8. С. 7-11.
7. Свищенко, В.В. Фазовый состав зернистого бейнита стали 24Х2НАч / В.В. Свищенко, Д.П. Чепрасов, А.А. Иванайский, Е.А. Иванайский // Ползуновский альманах. 2004. №4. С. 108-110.
8. Геллер, Ю.А. Инструментальные стали. / Ю.А. Геллер // М.: Машиностроение, 1983. 526 с.

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНО- МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.С. Семенец. Научный руководитель – В.В. Сиваков
Брянский государственный технический университет

Аннотация. В статье анализируются факторы, влияющие на работоспособность подшипников скольжения, указаны принципы использования древесно-металлических композиционных материалов для изготовления подшипников скольжения.

Ключевые слова: подшипники скольжения, износостойкость, работоспособность, модифицированная древесина.

THE QUESTION OF INCREASE OF EFFICIENCY OF SLIDING BEARINGS BASED ON THE USE OF WOOD-METAL COMPOSITE MATERIALS

E.S. Semenets. Scientific supervisor – V. V. Sivakov
Bryansk State Technical University

Abstract. The article analyzes the factors affecting the performance of sliding bearings, the principles of the use of wood-metal composite materials for the manufacture of sliding bearings.

Keywords: *bearings, wear resistance, performance, modified wood.*

В настоящее время, несмотря на технический прогресс в области технологии машиностроения, альтернатива подшипниковым узлам отсутствует. Общие рекомендации по уменьшению потерь энергии сводятся к замене трения скольжения качением, однако, в ряде случаев, это является затруднительным.

Преимуществом подшипников скольжения является сохранение работоспособности при высоких угловых скоростях валов (газодинамические подшипники в турбореактивных двигателях работают при $n > 10\ 000$ об/мин), выдерживание больших радиальных нагрузок, возможность изготовления разъемной конструкции (для коленчатых валов), небольшие габариты в радиальном направлении, сохранение работоспособности в особых условиях (в химически агрессивных средах, воде, при значительном загрязнении), бесшумность работы, виброустойчивость, простота изготовления и ремонта. Благодаря разносторонним специфическим качествам, они применяются почти во всех отраслях промышленности, особенно там, где имеется стеснённое пространство.

Долговечность и надежность машин и механизмов, работающих при высоких нагрузках с большими коэффициентами трения, экстремальных температурах, определяются ресурсом подшипников и узлов трения, при этом причинами износа являются различные факторы. В связи с этим, целью данной статьи является анализ факторов, влияющих на работоспособность подшипников скольжения.

Все возникающие в процессе эксплуатации проблемы, состояния подшипников скольжения могут быть объединены в три группы:

- 1) проблемы состояния рабочих поверхностей подшипника;
- 2) проблемы величины зазора между шейкой вала и антифрикционным вкладышем;
- 3) проблемы несущей способности слоя смазочного масла [1].

Основным критерием работоспособности подшипников скольжения является износостойкость и теплостойкость трущейся пары [2].

Для жидкостного трения таким критерием является сохранение минимальной толщины масляного слоя при заданных режимах работы (угловая скорость, удельное давление, температура и вязкость масла).

Как известно, подшипники скольжения подвергаются двум основным видам изнашивания:

- 1) абразивное изнашивание - механическое разрушение сопряженных поверхностей вала и вкладыша подшипника. Причина-попадание абразивных частиц на контактную поверхность вместе со смазкой, а также неизбежное при пуске и останове машины полусухое трение. Повышения долговечности направляющих в условиях абразивного изнашивания достигают уменьшением интенсивности загрязнения-введением надежных защитных устройств, в том числе уплотнений [3]; расположением направляющих в зоне, наименее подверженной загрязнению; упрочнением направляющих до высокой твердости, превышающей твердость абразивных частиц [7].

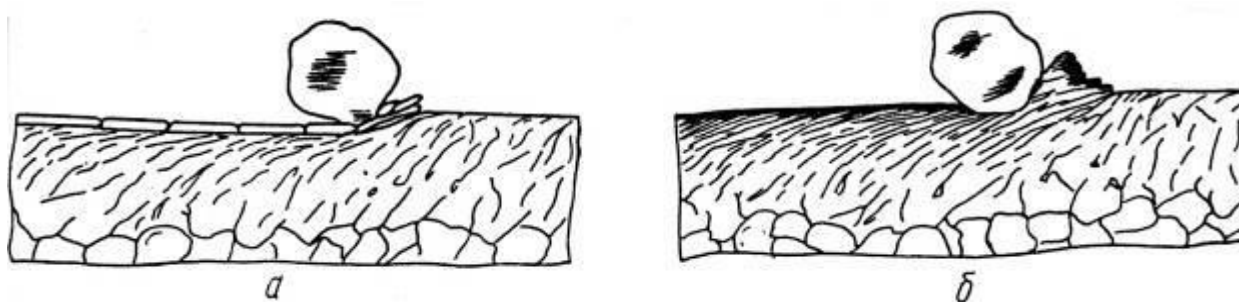


Рис. 1. Строение поверхностных слоев при механохимической (а) и механической (б) формах абразивного изнашивания

2) изнашивание при заедании (возникает при перегреве подшипника)-повышение долговечности направляющих обеспечением жидкостного трения [3]; повышением безотказности смазочных систем; совершенствованием методов смазки и свойств масел, в том числе применением антикачковых масел; введением надежных защитных устройств; предотвращением высоких местных давлений в направляющих, вызванных деформациями станин, столов и других узлов [7].

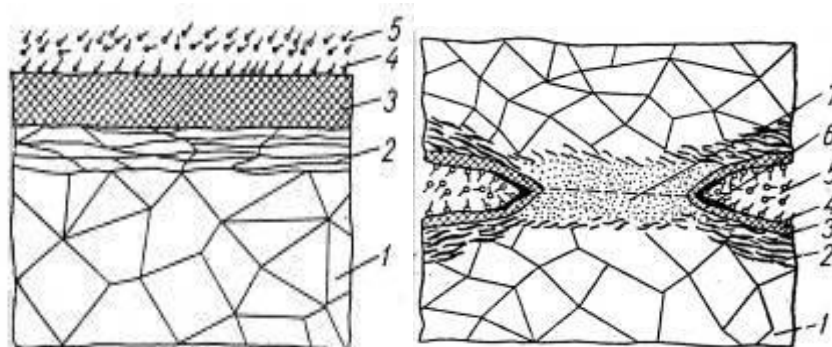


Рис. 2. Схематические модели строения поверхностных слоев: а - нормальные условия трения; б - схватывание 1-го рода; в - схватывание 2-го рода (1 - основной металл; 2 - пластически деформированный металл; 3 - химически модифицированный металл; 4 - квазитвердый слой масла; 5 - масло; 6 - коагулят продуктов деструкции масла; 7 - зона высокой температуры [3])

В качестве эффективного средства обеспечения работоспособности подшипников скольжения по одному из важнейших критериев-износостойкости трущейся пары, во многих случаях целесообразно использовать неоднородные материалы. В качестве неметаллических составляющих эффективно использовать модифицированную древесину, благодаря таким преимуществам, как технологичность, недефицитность и воспроизводимость. По своим физико-механическим и антифрикционным свойствам данный материал не уступает таким ценным дорогостоящим материалам как текстолит, древесно-слоистые пластики, пластмассы, бронза, чугун, сталь, баббит и др. Даже при одинаковом сроке службы, 1 тонна

подшипников скольжения из модифицированной древесины заменяет и экономит 7-8 тонн бронзы, чугуна или шариковых подшипников или 3 тонны пластмасс. Более чем 40-летний опыт применения подшипников скольжения из модифицированной древесины показал, что наибольший эффект можно получить от использования их в сельхозмашиностроении, пищевой промышленности, нефтепромысловом оборудовании, горнодобывающей отрасли, железнодорожном транспорте, в электротехнической и приборостроительной промышленности, мебельном производстве и во многих других отраслях.

Целесообразность применения подшипников и узлов трения на основе модифицированной древесины в лесоперерабатывающем машиностроении состоит в:

1) повышении долговечности узлов трения благодаря применению модифицированной древесины торцово-прессового деформирования, обладающей более высокими характеристиками износостойкости и работоспособности в абразивно-агрессивных средах, чем подшипники качения или металлические и полимерные подшипники скольжения;

2) экономии дефицитных материалов путем замены дорогостоящих металлических подшипников более дешевыми подшипниками на основе прессованной древесины, производимых из местного возобновляемого сырья, которые также могут быть использованы как импортозамещающие изделия;

3) упрощении схемы монтажа и демонтажа подшипников скольжения из модифицированной древесины в узлах трения в полевых условиях при внезапном отказе;

4) снижении металлоемкости готовых изделий, что позволяет уменьшить нагрузку на оборудование и обрабатываемую почву;

5) сокращении материальных ресурсов и трудозатрат (соответственно, потребности в дорогостоящем станочном оборудовании), при производстве подшипников из модифицированной древесины благодаря новой, высокопроизводительной, энергосберегающей технологии получения древесных вкладышей подшипников скольжения;

б) возможности создания узлов нового поколения, основанных на уникальном комплексе свойств, характерных для этого класса материалов.

Применение модифицированной древесины в узлах трения машин и механизмов обусловлено следующими основными свойствами уплотненной древесины: достаточными прочностными характеристиками, способностью работать в абразивной среде, хорошими демпфирующими свойствами, минимальным износом сопрягаемых деталей, способностью работать при любом смазочном материале, высокой прирабатываемостью поверхности. Анизотропность прессованной древесины дает возможность подбирать для различных условий наиболее выгодное решение, используя разные способы прессования.

Рассмотрим факторы, определяющие работоспособность подшипника скольжения из модифицированной древесины:

1) износостойкость контактирующих деталей;

- 2) теплофизические характеристики: удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности коэффициент температуропроводности);
- 3) теплостойкость;
- 4) антифрикционность: коэффициент трения, прирабатываемость;
- 5) диссипативные характеристики, модуль упругости антифрикционного материала;
- 6) способность к восстановлению после повреждения;
- 7) прочностные характеристики антифрикционных материалов;
- 8) способность поглощать абразивные частицы.

Однако, определяющим фактором в работе узла трения, содержащего детали из модифицированной древесины, является температурный режим вследствие низкой теплопроводности древесины. Увеличение температуры в процессе трения приводит к изменению физико-механических свойств материала и таким образом, к изменению величин коэффициента трения и интенсивности износа. Анализ влияния различных факторов на трение и износ позволяет считать температуру одним из основных факторов, обуславливающих свойства трущихся материалов. Поэтому с целью повышения долговечности подшипникового узла возникает необходимость в изучении теплофизических свойств материала и в совершенствовании конструкции подшипника.

Создавая более совершенные конструкции подшипников скольжения из модифицированной древесины, можно повысить их прочность и износостойкость, при этом возможно расширить области их применения.

Во многих случаях для решения задачи обеспечения работоспособности узлов трения деревообрабатывающего оборудования целесообразно использование древесно-металлических композиционных материалов, благоприятное формирование эксплуатационных свойств которых в значительной степени определяется их объемной и поверхностной структурой.

При формировании древесно-металлических композиций необходимо соблюдать следующие условия:

- 1) выбор породы древесной составляющей композиционного материала и задание направления волокон по отношению к прилагаемой нагрузке и скорости скольжения в подшипниковом узле;
- 2) выбор марки металлической фазы, ее дисперсности и послойного объемного содержания;
- 3) выбор способа имплантации металлической фазы в древесную составляющую;
- 4) выбор схемы модифицирования древесины;
- 5) выбор задания функциональных характеристик рабочих поверхностей подшипников скольжения и выбор технологических приемов их формирования при механической обработке антифрикционных материалов [4].

В заключении хотелось бы отметить, что модифицированная древесина является отличным антифрикционным материалом. Повышение износостойкости подшипников скольжения обеспечивается посредством выбора состояния древесной основы, формы, дисперсности и закона объемного

распределения металлической фазы в объеме вкладыша скольжения, размещение в древесном вкладыше подшипника скольжения металлических элементов, что позволяет снизить максимальную температуру в зоне контакта, тем самым увеличить нагрузочную способность подшипников скольжения на основе модифицированной древесины.

Список литературы

1. Русов В. А. Спектральная вибродиагностика/ В.А.Русов. М.: Наука, 1996. 243 с.
2. Машиностроение. Том IV-1. Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка/ Д.Н. Решетов, А.П. Гусенков, Ю.Н Дроздов и др.; Под общ. ред. Д.Н. Решетова. М.: Машиностроение, 1995. 864 с.
3. Неллин, В.И. Механика скользящего контакта/ В.И.Неллин. М.: Транспорт, 1966. 126 с.
4. Шевелева, Е.В. Повышение работоспособности подшипников скольжения деревообрабатывающего оборудования на основе использования древесно-металлических композиционных материалов/ Е.В.Шевелева: Дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05: Брянск, 2004. 146 с.
5. Mahan J. E. Physical vapor deposition of thin films. New York: John Wiley & Sons, 2000. 312 p.
6. Рогов, В.А. Современные машиностроительные материалы и заготовки / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 336 с.
7. Крагельский, И.В. Трение, изнашивание и смазка/ И.В. Крагельский, В.В. Валисина. М.: Машиностроение, 1979. 162 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СВАРКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В.Н. Сидоренков

Научный руководитель – профессор А.Н. Заикин

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматривается применение сварки в машиностроении, основные ее виды, факторы, влияющие на качество сварки.

Ключевые слова: *сварка, машиностроение, виды сварки.*

THE USE OF WELDING IN ENGINEERING

V.N. Sidorenkov

Scientific Director - Professor A.N. Zaikin

Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. Discusses the use of welding in engineering, the types, the factors affecting weld quality.

Keywords: *welding, mechanical engineering, types of welding.*

Сварка - это технологический процесс получения неразъёмного соединения материалов за счёт образования атомной связи. Процесс создания сварного соединения протекает в две стадии [1].

Сварка нашла широкое применение в различных отраслях современного промышленного производства: в тяжелом, энергетическом и транспортном машиностроении, судостроении, авиации, строительно-дорожном машиностроении, автомобилестроении, сельскохозяйственном машиностроении, строительной индустрии и др.

Широкое применение сварки в машиностроении и на предприятиях машиностроительной индустрии объясняется ее технико-экономическими преимуществами по сравнению с другими способами соединения металлических заготовок и деталей.

Данная тема является актуальной в связи с возросшими требованиями, предъявляемыми к долговечности и прочности сварных металлоконструкций и к их качеству, с появлением новых, некачественных металлов и сплавов на рынке, появилась необходимость в умении выявлять их, избегая наличия вредных примесей в свариваемых материалах, так как это отражается на качестве сварки.

Экономия металла, ускорение производственного процесса, снижение стоимости продукции и высокое качество сварных соединений сделали сварку прогрессивным технологическим процессом. Например, при замене клепаных конструкций сварными расход металла сокращается на 15-30%. Сварные конструкции обычно на 10—15% легче клепаных и на 30—40% легче литых, что приводит к значительной экономии металлов [1].

Сварка позволяет получать более рациональные конструкции, используя различные профили проката. Стоимость сварных конструкций значительно снижается, так как уменьшается трудоемкость таких подготовительных работ, как резка, пробивка или сверление отверстий, чеканка.

Исходя из физической сущности процесса образования сварного соединения различают три класса сварки: сварку плавлением, сварку давлением и термомеханическую сварку (рис.1) [2].

Изготовление, монтаж металлических и сборных железобетонных конструкций и сооружений во многих случаях неразрывно связано с применением различных сварочных процессов.

Самым распространенным способом соединения металлов является дуговая сварка плавящимся электродом (по методу Н.Г. Славянова). Этот вид сварки обладает универсальностью, может быть использован для всех видов соединений, обеспечивает высокую производительность, позволяя наиболее полно механизировать сварочные процессы [2].



Рисунок 1 – Основные виды сварки

Режим работы сварочного аппарата представляет собой совокупность основных и второстепенных характеристик сварки, позволяющих получить качественный шов того или иного сплава.

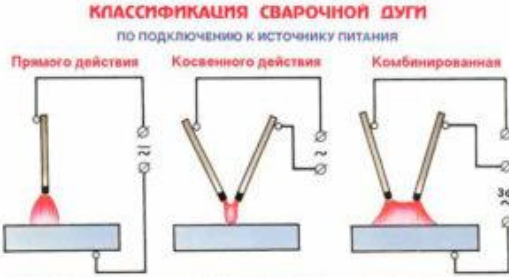

Так как марок сталей и сплавов цветных металлов множество, и они имеют свою специфику, то выбор режима сварки становится непростой задачей. Но есть основные параметры, которые нужно учитывать независимо от типа сплава.

Основные параметры, влияющие на режим сварки [4]:

1. сила, вид и полярность в случае применения постоянного тока;
2. напряжение электрической дуги;
3. толщина сварочной проволоки;
4. количество проходов;
5. скорость сварки.

Самым ответственным является расчет режимов при автоматической сварке. Часть характеристик выставляют по готовым таблицам, а часть приходится определять по формулам, заложенным в инструкциях на аппаратуру. Каждому оборудованию соответствуют свои таблицы, отработанные опытным путем. Основные факторы, оказывающие влияние на качество сварки, представлены в таблице 1.

Факторы, влияющие на сварку

Фактор	Характеристика
<p data-bbox="341 282 501 315">Длина дуги</p>  <p data-bbox="252 331 592 376">КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ по подключению к источнику питания</p> <p data-bbox="172 383 304 405">Прямого действия</p> <p data-bbox="336 383 485 405">Косвенного действия</p> <p data-bbox="528 383 676 405">Комбинированная</p>	<p data-bbox="703 282 1436 456">Длина дуги влияет на качество соединения. Важно, чтобы она была одинаковой на всем протяжении шва, расстояние между концом сварочной проволоки и гранью детали должно равняться ее толщине.</p> <p data-bbox="703 463 1436 638">Режим сварки при слишком короткой дуге приводит к прожигу или прилипанию электрода. Режим при длинной дуге вызывает ее гашение и непровары. Контроль длины дуги можно осуществлять по издаваемому ею звуку.</p> <p data-bbox="703 645 1436 857">Оптимальной считается ширина сварного шва равная 1,5-2 диаметрам проволоки. При этом должен образовываться небольшой валик по линии соединения без наплывов от расплавленного электрода. Оптимальный шов зависит от скорости сварки, толщины изделия и ширины шва [4]</p>
<p data-bbox="256 871 587 904">Угол наклона электрода</p>  <p data-bbox="268 904 571 927">ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА ПРИ СВАРКЕ</p> <p data-bbox="177 1084 309 1151">"УГЛОМ ВПЕРЕД" Горизонтальные, вертикальные, листовые швы, сварка неповоротных стыков труб</p> <p data-bbox="336 1084 501 1151">"ПОД ПРЯМЫМ УГЛОМ" Сварка в труднодоступных местах</p> <p data-bbox="528 1084 660 1151">"УГЛОМ НАЗАД" Угловые и стыковые соединения</p>	<p data-bbox="703 871 1436 1046">Во время работы электрод относительно шва располагается с отклонением от нормали примерно на 10 градусов в любую сторону. От положения сварочной проволоки относительно стыка заготовок зависит глубина и ширина шва.</p> <p data-bbox="703 1052 1436 1227">Если сварку производят углом вперед, то глубина уменьшается, а шов становится шире. Это связано с тем, что дуга как бы нагоняет волну расплава перед собой, через которую приходится расплавлять металл изделия.</p> <p data-bbox="703 1234 1436 1447">Если выбран режим сварки углом назад, то расплав выгоняется в конец ванны. Электрическая дуга воздействует непосредственно на свариваемые изделия. Этот режим электродуговой сварки делает более глубокое проплавление стыка и одновременно уменьшает ширину соединения.[4]</p> <p data-bbox="703 1453 1436 1666">Длина рабочей части электрода тоже имеет значение. Чем он длиннее, тем сильнее он разогревается и расплавляется, что уменьшает ток, соответственно уменьшается глубина ванны. Особенно это проявляется при использовании тонкой сварочной проволоки.</p>
<p data-bbox="325 1677 517 1711">Влияние тока</p>	<p data-bbox="703 1677 1436 1778">Выставляя режим, подбор силы тока делают по таблицам. Ток зависит от толщины свариваемых изделий и сварочной проволоки.</p> <p data-bbox="703 1785 1436 1928">Точную юстировку делают по виду дуги и шва. Необходимо понимать, чем сильнее ток, тем температура под основанием дуги будет выше и это скажется на скорости сварки.</p> <p data-bbox="703 1935 1436 2072">Режим сварки при сильном токе и чрезмерно тонком сварочном проводе вызовет перегрев и разбрызгивание металла. Если заготовки тонкие, то часто при таком режиме происходит их прожигание.</p>

Фактор	Характеристика
Влияние тока	<p>При слабом токе дуга становится неустойчивой или вовсе обрывается. Шов получается некачественный, появляются непроваренные участки. Такой режим не стоит выбирать.</p> <p>Необходимо учитывать, что глубина сварочной ванны зависит от вида тока.</p>
<p>Наклон заготовок</p> 	<p>Когда держак ведут сверху вниз, то под дугой возникает утолщение расплава. Возникает ситуация, как при сварке в режиме углом вперед. Глубина провара уменьшается, а шов становится шире. Если варить начинают снизу с последующим движением вверх, то слой расплава под дугой становится тоньше, глубина ванны возрастает, а шов сужается.</p> <p>Если есть возможность свариваемые детали наклонять, то следует их расположить таким образом, чтобы стык находился под уклоном в 8-10 градусов.</p> <p>Тогда будет формироваться нормальный шов. При большем уклоне и проведении сварки на спуск, из кратера вытечет расплав. При проведении сварки снизу вверх возникнут непровары.</p> <p>Сварку на спуск обычно применяют при соединении труб и других подобных элементов. В этом режиме уменьшается вероятность прожогов, вытекания расплава из кратера, формируется качественный шов.</p> <p>Кроме этих режимов на качество работы оказывает влияние технология сварки. Правильное движение электрода во многом определяет состояние сварного шва.</p>

Таким образом, применение сварки требует учета большого числа параметров и правильного назначения режимов сварки.

Список литературы

1. Герасименко, А. И. Основы сварки. Самоучитель / А.И. Герасименко. - М.: Феникс, 2014. - 320 с.
2. Соколов, И.И. Газовая сварка и резка металлов / И.И. Соколов. - М.: Книга по Требованию, 2015. - 316 с.
3. Чернышов, Г. Г. Материалы и оборудование для сварки плавлением и термической резки / Г.Г. Чернышов. - М.: Академия, 2012. - 240 с
4. Чернышов, Г. Г. Основы теории сварки и термической резки металлов / Г.Г.Чернышов. - М.: Академия, 2014. - 208 с.
5. Шебеко, Л.П. Оборудование и технология дуговой автоматической и механической сварки / Л.П. Шебеко. - М.: Высшая школа, 1986. - 279 с.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПРЕСС-ФОРМЫ ЛИТЬЯ
ПОД ДАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ №53205-6104060
«БАРАБАН ТРОСА ПОДЪЕМНИКА ДВЕРИ»**

Е.В. Стихнин

*Набережночелнинский институт (филиал), Казанский (Приволжский)
федеральный университет*

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос частого возврата на ремонт формообразующих ползунов пресс-формы литья под высоким давлением 51-0537-4060. Изучена проблематика. Описаны возможные варианты повышения стойкости, применяемые на Литейном заводе «КАМАЗа». Предложены 2 основных варианты, которые увеличат срок службы формообразующих деталей.

Ключевые слова: *пресс-форма, формообразующая, стойкость, износостойкость, литье.*

**THE MODERNIZATION OF THE MOLD DESIGN OF INJECTION
MOLDING FOR OBTAINING A CASTING NUMBER 53205-6104060 "THE
DRUM OF THE ROPE HOIST DOOR."**

E. V. Stikhnin

Naberezhnye Chelny Institute (branch), Kazan Federal University

Abstract. This article discusses the common return for the repair of the forming slide molds of casting under high pressure 51-0537-4060. Problems are studied. The possible variants of increase of durability applied at the Foundry "KAMAZ" are described. There are 2 main options that will increase the service life of the forming parts.

Keywords *mold, forming, durability, wear resistance, casting.*

В производстве грузовых автомобилей на Камском автозаводе широкое применение нашли детали из цветных сплавов и особенно из сплавов на основе алюминия. Из алюминиевых сплавов получают такие ответственные детали двигателя, как головку цилиндров, корпус топливного насоса высокого давления, картер маховика, корпуса и крышки ряда агрегатов двигателя, а также большинство деталей системы водяного охлаждения [1].

Высокая серийность производства в сочетании с применением ряда новых технологических процессов и крупного автоматизированного оборудования позволила даже при изготовлении сложных отливок дизельного двигателя достичь высоких технико-экономических показателей.

В производстве цветного литья широко применяется литье под давлением с комплексной автоматизацией процесса, литье в кокиль на производственных многопозиционных карусельных машинах, литье под низким давлением, совмещенный процесс литья и штамповки (Автофордж), непрерывное литье заготовок.

Опыт КамАЗа в области производства цветного литья может быть использован на предприятиях автомобильной и других отраслей промышленности.

Корпус цветного литья входит в состав литейного завода КамАЗа. Проектная мощность корпуса – 55 тыс. тонн литья в год. В корпусе производится более 220 наименований отливок из алюминиевых, медных и цинковых сплавов. Масса отливок от 0,02 до 25 кг.; средняя масса отливок, получаемых литьем в кокиль – 2,8 кг., под давлением – 0,64 кг. (алюминиевых) и 0,242 кг. (цинковых), отливок из бронзы – 0,038 кг., из латуни – 0,08 кг.

Применяются чушковые алюминиевые сплавы, не требующие подшихтовки и точного дозирования компонентов завалки, с улучшенным по сравнению с ГОСТ 2865 химическим составом.

В состав корпуса цветного литья входят следующие производственные подразделения:

- плавильный цех алюминиевых сплавов с шихтовым двором и участком ремонта ковшей;
- цех алюминиевого литья под давлением;
- цех алюминиевого литья в кокиль с участком изготовления стержней;
- термообрубной цех алюминиевых отливок, включающий участки: очистки алюминиевого литья, пропитки отливок, гидроиспытаний со складом отливок, окраски литья;
- цех литья тяжелых сплавов с отделениями плавки, заливки и финишных операций.

В составе корпуса предусмотрены также службы и мастерские для ремонта технологического и энергетического оборудования, оснастки, эспресс-лаборатории, опытный участок, оснащенный технологическим оборудованием, обеспечивающим выполнение полного технологического цикла изготовления отливок, диспетчерская служба.

Корпус цветного литья расположен в двухэтажном здании габаритами 279 x 217,5 метров. Склад шихты одноэтажный. Здание состоит из трех поперечных пролетов.

Бытовые и конторские помещения расположены в трехэтажном здании вне корпуса и связаны с корпусом двумя галереями.

Объектом исследования данной статьи является пресс-форма для литья под высоким давлением, а именно ее конструкция. В настоящее время конструкция рассматриваемой формы состоит из 2х блоков: подвижного и неподвижного. В неподвижный блок входит обойма с посаженными в нее формообразующими матрицами и стержнями. Подвижный же блок состоит из большего количество деталей: обойма с посаженными в нее матрицами, формообразующие вставки со стержнями, ползуны, направляющие ползунов, постаменты и выталкиватели с узлом выталкивания.

Данной пресс-формой получают отливку № 53205-6104060 «Барaban троса подъемника двери». Материалом отливки является ЦА4М1 ГОСТ 25140-93. Температура заливки в пресс-форму составляет $430^{\circ} \pm 15^{\circ} \text{C}$.

На литейную машину (Idra OLZ 225) пресс-форма крепится так, что ее плоскость разъема находится в вертикальном положении, а формообразующие ползуны двигаются верхний вниз и нижний вверх. В движение их приводит направляющие элементы – клинья. Форма смыкается по всем замковым

поверхностям. Через систему прессования подается металл под давлением. Включается/выключается система охлаждения. Форма размыкается, срабатывает система выталкивания, оливка с литниковой системой падает на ловитель. Далее отливка подается на обрубной штамп. Цикл занимает 30 секунд времени [2].

Далее рассмотрим основной дефект недопустимые при литье, связанные с пресс-формой – это выкрашивание острых кромок на формообразующих ползунах. Этот дефект можно наблюдать на рисунке 1. Сверху на самой отливке, снизу на ползунах.

При более детальном изучении дефекта, пришел к выводу, данное место является очень узким и нагруженным, так как поток металла ударяет именно в это «резьбовое» место.

Для борьбы с дефектом, руководством технологического отдела Литейного завода, было принято решение изготовить один комплект ползунов без применения окончательной термической операции, а именно азотирования. Положительного эффекта изменение не дало. Проектная стойкость формы составлять 250 000 съемов, отстояла она 5 000.

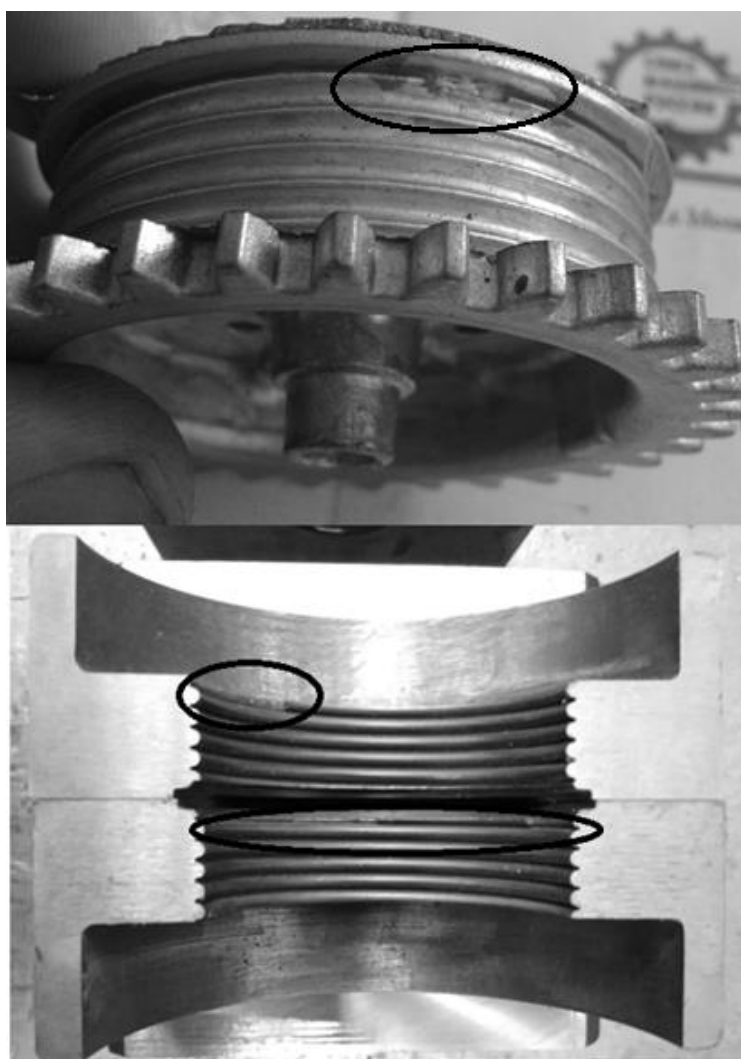


Рис. 1. Дефект

Мною был произведен анализ изготовления ползунов, изучен технологический процесс. В технологическую цепочку кроме промежуточных операций входили такие окончательные операции, как: фрезерная с ЧПУ и электроэрозионная операция, далее ЭЭО (резьбовая операция формируется именно прожигом).

В производстве литейной оснастки, далее ПЛО, на момент исследований, не было возможности изготовления электрода с требуемой точностью методом переустановки. В связи с этим электрод, формирующий «резьбовую поверхность» изготавливали на фрезерном станке с ЧПУ с применением делительной головки, повторяя метод точения [3]. Из – за этого появлялись острые комки при ЭЭО, так как канавка формировалась на выход, что изображено на рисунке 2.



Рис. 2. Имеющийся электрод

На сегодняшний момент в ПЛО закуплен совершенно новый фрезерный ОЦ Millac -761V фирмы OKUMA. Данный станок позволяет изготавливать девали с повторяемостью 0,005 мм. На основании этого мною было предложено изготовление совершенно нового электрода, с прерывистой винтовой канавкой рисунок 3.

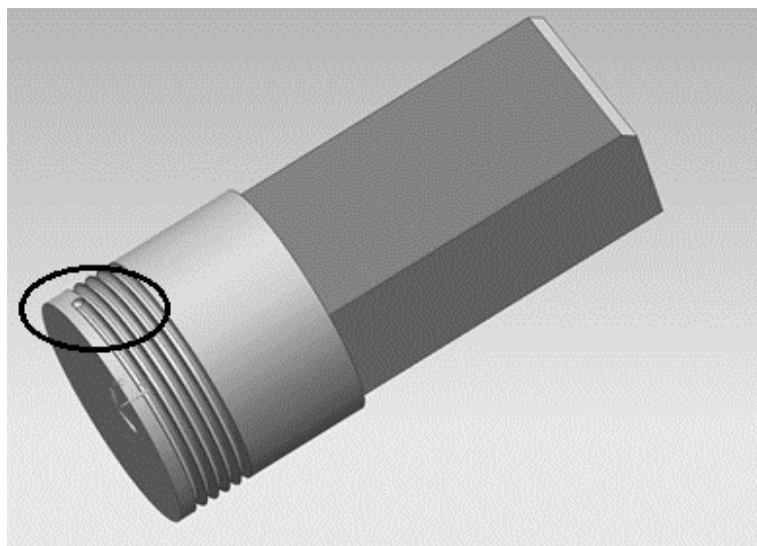


Рис. 3. Новый электрод.

Для того, чтобы полностью избавиться от выше указанного дефекта, мною было принято решение изготовление ползунов из стали 4Х5МФС с последующей термической обработкой до 43...48 НРС, без окончательного азотирования. Азотирование заменить нанесением износостойкого покрытия методом PVD. Покрытие предлагаю карбонитрид титана.

Выводы: предлагаемые решения находятся на стадии внедрения. Технологическая подготовка произведена. В результате применения выше указанных нововведений планируется повысить стойкость оснастки сверх проектной на 20%, то есть до 300 000 съемов.

Список литературы

1. Кузнецов Б.Л. Опыт КамАЗа по технологии производства большегрузных автомобилей. Специальные методы литья. / Б.Л. Кузнецов, Н.И. Неня М.: НИИТАВТОПРОМ, 1978. 47с.
2. Габбазова А.Ф. Технологический процесс получения отливки №53205-6104060 «Барабан троса подъемника двери». / А.Ф. Габбазова, О.В. Алексеева Н.Ч.: КамАЗ Литейный завод, 2013, 15с.
3. Еркина Р.М. Технологический процесс изготовления пресс – формы 51-0537-4060 / Р.М. Еркина, А.И. Верховых Н.Ч.: КамАЗ Литейный завод, 2013, 156с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РЕГИДРАТАЦИИ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ГИББСИТА

Н. Тагандурдыева, В.Н. Нараев

*Санкт-Петербургский Государственный Технологический Институт
(Технический Университет)*

Аннотация. Проведено сопоставление фазового и фракционного составов промышленных партий продуктов термической активации гиббсита. Комплексом физико-химических методов исследованы закономерности процесса регидратации исходных

составов продуктов термической активации гиббсита в водном растворе аммиака (рН = 10 – 11, соотношение твердой и жидкой фаз 1 : 10, температура 50 °С при атмосферном давлении). Показано, что в результате взаимодействия происходят значительные морфологические и фазовые изменения продуктов термической активации гиббсита, при этом состав продуктов определяется временем гидратации.

Ключевые слова: *гиббсит, термическая активация гиббсита, аморфный оксид алюминия, регидратация, байерит, псевдобемит, бемит.*

STUDY OF REHYDRATION PROCESS REGULARITIES OF PRODUCTS OF THERMAL ACTIVATION OF GIBBSITE

N. Tagandurdyeva, V.N. Narayev

St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)

Abstract. A comparison of the phase and fractional compositions of industrial batches of products of thermal activation of gibbsite was made. The regularities of the process of rehydration of the initial compositions of the products of thermal activation of gibbsite in an aqueous solution of ammonia (pH = 10 - 11, the ratio of solid and liquid phases 1: 10, 50 °C at atmospheric pressure) were investigated by the complex of physicochemical methods. It was shown that as a result of the interaction, significant morphological and phase changes of the products of thermal activation of gibbsite occur, and the composition of the products is determined by the hydration time.

Keywords: *gibbsite, thermal activation of gibbsite, amorphous aluminum oxide, rehydration, bayerite, pseudoboehmite, boehmite.*

Исследования последних лет показали важность разработки носителей катализаторов с заданными структурными и адсорбционными характеристиками, так как они являются определяющими факторами каталитической активности, физико-химических и механических свойств каталитической системы. Во многих каталитических процессах кислотно-основной природы в качестве носителей катализаторов широко используется низкотемпературная модификация активного оксида алюминия - η - Al_2O_3 , исходным сырьем для получения которого является тригидроксид алюминия байеритной структуры, который не встречается в природе. Поэтому актуальна разработка технологии получения носителя на основе η - Al_2O_3 .

В связи с тем, что физико-химические свойства оксида алюминия, который получают в основном термической обработкой соответствующего гидроксида-предшественника, определяются свойствами исходного гидроксида, в качестве исходного сырья для получения низкотемпературной модификации η - Al_2O_3 применяется тригидроксид алюминия – байерит, который не встречается в природе [4, 5]. В [6, 7] описан способ получения гидратированных оксидов алюминия различных модификаций регидратацией термически активированного гиббсита, который основан на переводе гиббсита – тригидроксида алюминия в аморфный продукт $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n \leq 1,5$) с помощью импульсного нагрева в течение короткого времени до температуры дегидратации. Взаимодействие продукта термической активации гиббсита с водными растворами позволяет получать гидроксиды различной структуры в

зависимости от условий ведения процесса регидратации, без стадии переосаждения.

Целью данной работы являлось исследование влияния исходного состава продукта термической активации гиббсита на фазовый состав и свойства образующихся гидроксидных и оксидных фаз.

Для регидратации были использованы продукты производства АО «СКТБ КАТАЛИЗАТОР» (Россия, г.Новосибирск), полученные в результате термической активации гиббсита (АОК 63-93) и в результате термической обработки гиббсита в центробежном флэш-реакторе (ЦТА). Условия процесса регидратации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия регидратации исходных материалов и фазовый состав байеритсодержащих продуктов их регидратации

№	Образец	τ_p , час	Фазовый состав по ТА,				Потери массы, Δm ,
			Гиббсит	Байерит	Бемит	Аморфная фаза + χ - Al_2O_3	
			% мас.				
1	АОК 63-93	-	15	-	12	73	12,4
2	АОК – 1	6	15	16	12	47	16,1
3	АОК – 2	24	15	50	12	23	23,9
4	АОК – 3	48	15	50	12	23	23,9
5	АОК – 4	72	15	50	12	23	23,9
6	АОК – 5	96	15	50	12	23	23,9
7	ЦТА	-	1	-	-	99	3,7
8	ЦТА – 1	3	1	65	-	34	18,7
9	ЦТА – 2	6	1	75	-	24	20,8
10	ЦТА – 3	9	1	75	-	24	20,8

*все образцы были получены в результате регидратации исходного материала в водном растворе аммиака при pH = 10 – 11, температуре 50 °С и соотношении твердой и жидкой фаз 1 : 10

Фракционный состав исходных материалов определяли методом рассеивания лазерного излучения с помощью прибора SALD-2201 Laser Diffraction Particle Size Analyzer (SHIMADZU, Япония). Результаты измерений показали, что порошок АОК 63-93 состоит из частиц размером от 0,2 до 420 мкм, причем преобладают частицы с размером 100 мкм, а порошок ЦТА представлен размерами частиц от 0,01 до 308 мкм с преобладанием частиц размером 60 мкм, что по-видимому повлияло на скорость превращения аморфной фазы в байерит при заданных условиях регидратации.

Согласно данным рентгенофазового анализа (РФА), который был исследован с помощью диффрактометра «Rigaku SmartLab 3» с использованием CuK_{α} -монохроматического излучения в интервале углов 10 – 80° (2 Θ) со скоростью сканирования 10 °/мин, исходный материал АОК 63-93 содержит кристаллические фазы гиббсита, бемита, а также фиксируются слабые пики, принадлежащие фазе χ - Al_2O_3 . В продукте ЦТА отсутствуют примесные

кристаллические фазы гиббсита и бемита и на рентгенограмме, представленной на рисунке 1 фиксируются только слабые, сильно уширенные пики, которые могут принадлежать высокодисперсной фазе χ - Al_2O_3 .

Исследования фазового состава исходных продуктов термоактивации гиббсита и продуктов их регидратации также проводили методом дифференциально-термического (DTA) и термогравиметрического (TGA) анализов на дериватографе фирмы SHIMADZU DTG-60H в интервале температур $t_{\text{комн}} - 800$ °С в атмосфере воздуха при скорости нагрева 10 °/мин. Температуру определяли с точностью до 1 град., изменение массы до 0,1 %. Количественно фазовый состав образцов определяли, исходя из наблюдаемых потерь массы при нагреве в соответствующих определенным фазам температурных интервалах [8]. DTA подтверждает полученные результаты РФА и позволяют сделать количественную оценку содержания кристаллических фаз (таблица 1). Согласно расчетам, выполненным по потерям массы, исходный продукт АОК 63-93 содержит в среднем около 15 %мас. гиббсита, 12 %мас. бемита и 73 %мас. аморфной фазы, которую, по-видимому, можно отнести к рентгеноаморфному гидроксиду и гидратированной χ - Al_2O_3 . Однако в продукте ЦТА, напротив, на DTA не наблюдается никаких тепловых эффектов от кристаллических фаз. В совокупности с данными РФА это позволяет предположить присутствие в образце оксидной χ -фазы и возможно аморфной фазы.

Согласно DTA образцов после проведения процесса регидратации в среде аммиака, содержание рентгеноаморфной фазы и χ - Al_2O_3 снижается до 23 и 24 % мас. у исходных продуктов АОК 63-93 и ЦТА соответственно.

Из таблицы 1 видно, что в результате щелочной регидратации в сопоставимых условиях из исходного продукта ЦТА образовалось 75 %мас. байерита за 6 ч перемешивания, тогда как максимальный выход байерита из АОК 63-93 составил только 50 %мас. Нужно отметить, что повышение дисперсности исходных материалов приводит к ускорению взаимодействия воды с аморфной составляющей. Это связано с сокращением периода кристаллизации аморфной и перекристаллизации других фаз (бемита) в байерит, причем увеличение времени регидратации не приводит к такому же значительному росту его содержания, что также подтверждается результатами рентгенофазового анализа.

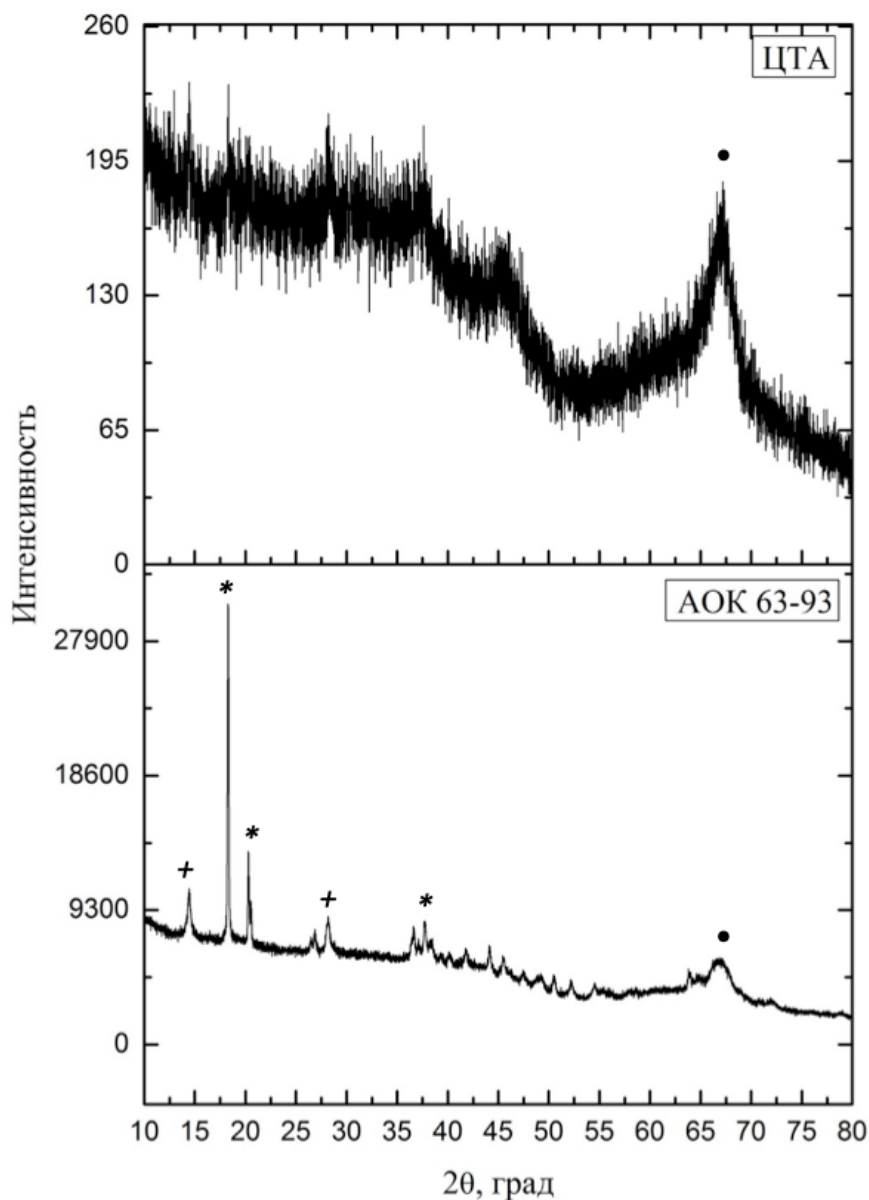


Рис. 1. Типичная рентгенограмма образцов исходных материалов АОК 63-93 и ЦТА производства АО «СКТБ КАТАЛИЗАТОР» (Россия, г.Новосибирск) (* - гиббсит, + - бемит, • - χ - Al_2O_3)

Список литературы

1. Дзисько В.А., Карнаухов А.П., Тарасова Д.В. Физико-химические основы синтеза оксидных катализаторов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1978. 384 с.
2. Дзисько В.А. Основы методов приготовления катализаторов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1983. 264 с.
3. Данилевич В. В., Исупова Л. А., Кагырманова А. П., Харина И. В., Зюзин Д. А., Носков А.С.. Высокоэффективные адсорбенты-осушители на основе оксида алюминия // Кинетика и катализ, 2012, т.53, №5. С. 673 – 680.
4. Харина И. В., Исупова Л. А., Литвак Г. С., Мороз Э. М., Крюкова Г. Н., Рудина Н. А., Танащев Ю. Ю., Пармон В. Н.. Получение оксидов алюминия на основе продуктов быстрого терморазложения гидраргиллита в центробежном

флаш-реакторе. Свойства гидроксидов и оксидов алюминия, образующихся на основе регидратированных в мягких условиях продуктов центробежно-термической активации гидраргиллита // Кинетика и катализ, 2007, т.48, №2. С. 1 – 10.

5. Иванова А.С. Оксид алюминия: применение, способы получения, структура и кислотно-основные свойства // Промышленный катализ в лекциях, 2009, № 8. С. 7-61.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

П.А. Тополянский¹, А.П. Тополянский¹, С.А. Ермаков²

¹Научно-производственная фирма ООО «Плазмацентр»

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация. Рассмотрена актуальность восстановления деталей топливной аппаратуры. Приведены основные недостатки используемых технологий упрочнения, нанесения покрытий и восстановления деталей топливной аппаратуры и концепция выбора оптимальной технологии. Рассмотрен процесс финишного плазменного упрочнения с нанесением алмазоподобного покрытия DLCPateks (a-C:H-SiOCN). Приведены результаты исследований данного покрытия: физико-механические и трибологические свойства, аморфности, испытаний на микроабразивный износ, заживления дефектов. Полученные результаты подтвердили эффективность использования покрытия DLCPateks для упрочнения и восстановления деталей топливной аппаратуры, в том числе при ремонте систем впрыска топлива высокого давления Common Rail, производимых фирмами Bosch, Delphi, Denso, Siemens, применяемых в дизельных двигателях иностранных компаний Cummins Inc., MTU Friedrichshafen GmbH, Detroit Diesel Co., Deutz AG.

Ключевые слова: плунжерная пара, инжектор, форсунка, блок управления ТНВД, ремонт топливной аппаратуры, восстановление, упрочнение.

RECOVERY OF PRECISION PARTS OF FUEL INJECTION EQUIPMENT

P.A. Topolyanskiy¹, A.P. Topolyanskiy¹, S.A. Ermakov²

¹Plasmacentre Ltd, ²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Abstract. Relevance of recovery of fuel injection equipment parts was considered. Main disadvantages of used technologies of hardening, coating and recovery of fuel injection equipment parts and concept of selection of best available technology are presented. The process of finish plasma hardening with DLCPateks (a-C:H-SiOCN) diamond-like carbon coating was considered. Results of investigation of this coating are presented: stress-strain properties and tribological behavior, amorphous state, tests for microabrasive wear, healing of defects. Obtained results proved efficiency of use of DLCPateks coating for hardening and recovery of fuel injection equipment parts as well as during repair of high-pressure fuel injection systems Common Rail produced by companies Bosch, Delphi, Denso, Siemens which are used in diesel engines of foreign companies Cummins Inc., MTU Friedrichshafen GmbH, Detroit Diesel Co., Deutz AG.

Keywords: plunger and barrel assembly, injector, injection valve, high-pressure fuel pump control unit, repair of fuel injection equipment, recovery, hardening.

Одним из лидеров применения топливной аппаратуры в дизельном двигателестроении является система впрыска топлива высокого давления

Common Rail, производимая фирмами Bosch, Delphi, Denso, Siemens и др. Практически каждый второй дизельный двигатель оснащен такими системами, поэтому разработка и исследование технологий восстановления изнашиваемых деталей этой аппаратуры является актуальной задачей.

Детали топливной аппаратуры испытывают практически все известные виды разрушений - усталостное, абразивное, кавитационное, эрозионное, коррозионное, электрохимическое и другие [1]. Это приводит к образованию на рабочих поверхностях выкрашиваний и отслаиваний, царапин и задиров, к налипанию и наволакиванию частиц, схватыванию и заклиниванию трущихся деталей. Величина износа деталей топливной аппаратуры, в большинстве случаев, не превышает 0,2-5 мкм [2, 3]. Исходя из микронных значений величин износа деталей топливной аппаратуры, их восстановление возможно с применением тонкопленочных покрытий.

Эффективность выбранной технологии восстановления деталей топливной аппаратуры кроме получения заданных геометрических размеров может осуществляться на основе анализа физико-механических свойств поверхностного слоя, трибологических характеристик в условиях трения скольжения, параметров шероховатости, распределения технологических остаточных напряжений по глубине и результатов испытаний на микроабразивный износ. Данные характеристики после реализации технологии восстановления должны улучшаться.

Известные технологии восстановления деталей топливной аппаратуры можно условно разбить на три группы в зависимости от твердости создаваемого поверхностного слоя:

1. Твердость ≤ 5 ГПа (менее твердости основного материала)

- **фрикционно-механическое латунирование** [4, 5]. Недостатки - повышенная трудоемкость из-за индивидуальной обработки деталей и, соответственно, неэффективность применения для серийных изделий.

- **алюмохромофосфатирование** [6, 7]. Способ включает нагрев герметичного контейнера с изделиями до температуры $600 \pm 20^\circ\text{C}$, подачу перегретого пара из водного раствора алюмохромофосфатной соли в течение 30-60 минут и последующее медленное охлаждение до температуры 200°C вместе с контейнером, а затем - на воздухе. В результате химического взаимодействия основного металла и активных элементов раствора в поверхностном слое образуются оксиды и интерметаллидные соединения (типа фосфидов Fe, Al, Cr и др.), способствующие предотвращению непосредственного взаимодействия трущихся металлов, уменьшению длительности приработки, параметров шероховатости и повышению износостойкости плунжерных пар. Снижение износа обеспечивается увеличением площади фактического контакта металлов и образованием покрытия, содержащего сульфиды, фосфиды и другие соединения, с малым сопротивлением сдвигу. Недостатки - многостадийность, высокая температура ($600-620^\circ\text{C}$) и длительность процесса.

- **электрохимикомеханическая обработка с использованием реновационной жидкости в виде раствора полиэтиленгликоля с цинком**

[8]. Недостатки - сложность контроля за изменением геометрических размеров деталей топливной аппаратуры, временем их повышенной долговечности, трудность определения количества реновационной жидкости для определенной длительности эксплуатации.

- **ионно-плазменное напыление покрытия TiN-Cu-MoS₂** [9]. Недостатки - возможность снижения твердости деталей с низкой температурой отпуска из-за повышенных температур процесса, не высокая адгезионная прочность покрытия.

- **электроискровое нанесение медно-графитовых покрытий** [10]. Недостатки - необходимость окончательной операции доводки, наведение растягивающих напряжений в поверхностном слое, возможная несплошность покрытия.

- **нанесение фторорганических поверхностно-активных веществ (эпиламов)** [11, 12]. Недостатки - сложность контроля за изменением геометрических размеров деталей топливной аппаратуры, временем их повышенной долговечности, трудность определения количества эпилама для заданной длительности эксплуатации.

- **нанесение металлокерамического покрытия из природных слоистых силикатов на основе геоактиваторов (вермикулита, серпентинита и др.)** [13]. Нанесение покрытий из геоактиваторов осуществляется на предварительно хромированную поверхность фрикционным методом за счет прижатия неподвижного индентора к вращающейся детали и подачи капельным методом модифицирующего состава совместно с дизельным топливом. Недостатки – предварительное хромирование ведет к необходимости шлифовки, притирки, доводки поверхностей, газонасыщению кислородом, наводораживанию, крупнозернистости структуры, пористости, высоким растягивающим остаточным напряжениям. Последующее слоистое покрытие из геоактиваторов трудно поддается контролю качества, имеет не высокие адгезионные характеристики.

2. Твердость 5-8 ГПа (порядка твердости основного материала)

- **электролитическое хромирование** [14, 15]. Недостатки - необходимость окончательной шлифовки, притирки, доводки поверхностей, газонасыщение кислородом, наводораживание, крупнозернистость структуры, пористость, высокие растягивающие остаточные напряжения.

- **диффузионное хромирование** [16, 17]. Недостатки - повышенная температура процесса (порядка 1000°C), необходимость окончательной шлифовки, притирки и доводки поверхностей.

- **электролитическое и газообразное хромирование путем термораспада гексакарбонила хрома** [18]. Недостатки - повышенная температура процесса (400-420°C), необходимость окончательной шлифовки, притирки и доводки поверхностей.

- **нитроцементация** [19]. Недостатки - высокая продолжительность обработки, повышенная температура процесса (более 800°C), необходимость окончательной шлифовки, притирки, доводки поверхностей, газонасыщение кислородом.

- **нитроцементация с введением активизирующей обмазки** [20]. Недостатки - высокая длительность, повышенная температура (более 800°C), необходимость окончательной шлифовки, притирки, доводки поверхностей, газонасыщение кислородом.

- **сульфохромирование** [21]. Способ включает закалку ТВЧ до температуры 800-830°C и низкий отпуск с одновременным сульфохромированием (в соляной ванне) при температуре 130-150°C, продолжительностью не менее 1 ч. После сульфохромирования поверхностный слой состоит из оксидов и сульфидов железа, интерметаллидных соединений типа FeCr с глубиной диффузионной зоны до 9,5 мкм. Модифицированный поверхностный слой обеспечивает повышенную износостойкость, минимальную длительность приработки, обладает пластичностью и низким коэффициентом трения препятствует схватыванию, задирам и заклиниванию деталей топливной аппаратуры по сравнению с серийно используемыми материалами. Недостаток - многостадийность, повышенная температура и длительность процесса.

3. Твердость $\geq 11-12$ ГПа (превышающая твердость абразивных частиц)

- **электролитическое хромирование с дополнительной модификацией ультрадисперсными алмазами** [22]. Недостатки – неравномерность распределения ультрадисперсных алмазов по объему ванны и со временем процесса, необходимость окончательной шлифовки, притирки, доводки поверхностей, газонасыщение кислородом, наводораживание.

- **электролитическое хромирование с диэлектрическим наполнителем (оксидом алюминия)** [23]. Недостатки - образование дополнительных продуктов износа из абразивных частиц оксида алюминия, необходимость окончательной шлифовки, притирки, доводки поверхностей, газонасыщение кислородом, наводораживание.

- **ионно-плазменное напыление покрытий из TiN** [24, 25]. Недостатки - повышенный коэффициент трения, низкая адгезионная прочность при нанесении покрытий на материалы с низкой температурой отпуска, возможная разнотолщинность покрытия.

- **ионно-плазменное напыление наноструктурированных покрытий TiN** [26]. Недостатки - повышенный коэффициент трения, низкая адгезионная прочность при нанесении покрытий на материалы с низкой температурой отпуска, возможная разнотолщинность покрытия.

- **покрытия, наносимые с использованием физического (PVD) и химического (CVD) осаждения покрытий из паровой фазы.** Мировые компании, оказывающие услуги на рынке напыления деталей автокомпонентов, наносят на детали топливной аппаратуры двухэлементные, трехэлементные, алмазоподобные и другие виды покрытий толщиной 1-2 мкм, например:

- **ИИ Hauzer Techno Coating B.V.** (Голландия, www.hauzertechnocoating.com): CrN, Me-DLC (WC-C:H), DLC (a-C:H), DLC (a-C и ta-C), DLC-(a-C:H-Si);

- Schaeffler KG (Германия, www.schaeffler.de): Triondur®C+ (a-C:H), Triondur® CX+ (a-C:H:X);

- Platit AG (Швейцария, www.platit.com): CrTiN, nACRO®(nc-FlCrN/a-Si₃N₄)

- Oerlikon Balzers (Лихтенштейн-Россия) [www.oerlikon.com] - BALINIT®C (WC/C (a-C:H:W), BALINIT DLC STAR;

- STS Group S.r.l. (Италия, www.sts-group.it): CrN, WC/C, DLC (a-C:H sp²-sp), PLC (Me-DLC);

- WOLF Beschichtungstechnologie GmbH (Германия, www.wolf-gruppe.com): CrN, CROMASPEED, DLC 4000, SUCASLIDE;

- Sputtek Inc. (Канада, www.sputtek.com): D-ARC 1 (CR/CRN/α-C:H), D-ARC 2 (CR doped α-C:H), D-ARC 3 (Ti doped α-C:H), D-ARC 4 (CR/WC/α-C:H), D-ARC 5 (CR/WC doped/α-C:H), D-ARC 6 (CR/ta-C).

Недостатки - многостадийность, сложность и дороговизна оборудования, большое количество обслуживающего персонала, возможная повышенная шероховатость за счет микрокапельной фазы, низкая адгезионная прочность PVD процессов при температурах процесса менее 200°C.

Максимально эффективными являются алмазоподобные покрытия, наносимые методом PACVD (химическое осаждение покрытий с плазменной активацией) при температуре процесса менее 200°C с использованием газов силана (SiH₄) и смеси метана с водородом. Покрытие имеют твердость порядка 16 ГПа, коэффициент трения 0,02-0,06 [27, 28].

- **финишное плазменное упрочнение с нанесением многослойных износостойких покрытий** [29, 30]. Метод относится к PACVD процессам. Недостатки – зависимость воспроизводимости процесса от большого количества технологических параметров, необходимость оптимизации общей толщины покрытия и толщины монослоя покрытия, выбора оптимальных технологических реагентов и их расходов.

Рассмотренные выше технологии, а также знание конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, связанных с износостойкостью, позволили сформулировать методологию выбора оптимального процесса нанесения покрытий с целью упрочнения и восстановления деталей топливной аппаратуры:

- технология должна быть финишной и низкотемпературной операцией, исключаящей любую окончательную абразивную (доводочную) обработку и обеспечивающей создание на поверхности сжимающих остаточных напряжений (практически все известные технологии упрочнения требуют доводки рабочих поверхностей со всеми негативными последствиями в связи с образованием микротрещин, растягивающих напряжений и уменьшением усталостной прочности);

- на рабочих поверхностях должно формироваться аморфное неметаллическое покрытие с повышенной адгезионной прочностью к подложке толщиной до 2 мкм, с максимальными значениями стойкости к упругой деформации или индексом пластичности (H_{IT}/E_r), стойкости к пластической деформации (H_{IT}^3/E_r^2), упругого восстановления (η_{IT}) и модулем упругости близким к модулю упругости подложки;

- рабочие поверхности с покрытием должны иметь минимальные трибологические характеристики (коэффициент трения, температура в зоне трения, длительность приработки, параметры износа);
- коэффициент износа в условиях микроабразивного изнашивания, определяемый по EN 1071-6:2007, должен иметь минимальное значение;
- рабочие поверхности должны характеризоваться повышенными гидрофильными свойствами (меньшим углом смачивания), обеспечивающими максимальные смазывающие свойства топлива и обеспечивать диэлектрические характеристики, способствующие исключению электромеханического износа;
- параметры шероховатости по EN ISO 13565-2:1996, характеризующие высоту выступов, (R_{pk}) и основу профиля (R_k) должны иметь минимальные значения.

В соответствии с данной концепцией выбора технологии повышения долговечности деталей топливной аппаратуры рассмотрим метод финишного плазменного упрочнения (ФПУ) с нанесением алмазоподобного покрытия DLCPateks (a-C:H/a-SiOCN). Процесс ФПУ основан на разложении паров жидких химических соединений, вводимых в плазму дугового разряда, и образовании атомарного и молекулярного потока частиц в плазмоструйном реакторе. Нагрев изделий при ФПУ не превышает 150°C. В результате ФПУ на рабочих поверхностях образуется неметаллическое аморфное, в том числе алмазоподобное, многослойное покрытие с низким коэффициентом трения, повышенной микротвердостью, химической инертностью, гидрофильностью, высокой жаростойкостью и диэлектрическими характеристиками. Кроме этого, эффективность использования ФПУ основана на возможности локального нанесения покрытия в заданной зоне, а также повторном его нанесении после проверки на тест-план при недостаточной толщине.

Рассмотрим отдельные свойства покрытия DLCPateks толщиной порядка 1 мкм, нанесенного с использованием технологии ФПУ. В качестве материала подложки использовалась термообработанная сталь ШХ15.

Физико-механические свойства

Анализ результатов наноиндентирования выявил, что с повышением нагрузки и, соответственно, с увеличением контактной глубины твердость уменьшается, что характеризует покрытие DLCPateks как градиентное. В пределах одной нагрузки твердость изменяется от 14 ГПа до 23 ГПа, что свойственно многокомпонентным покрытиям. Усредненные свойства покрытия DLCPateks: нанотвердость - 18 ГПа, модуль Юнга - 127 ГПа, упругое восстановление - 87%. На рис. 1 представлена диаграмма индентирования покрытия DLCPateks. Стойкости поверхностного слоя к упругой деформации (индекс пластичности) H_{IT}/E_r составляет 0,14. Модуль Юнга стали ШХ15 равен 211 ГПа. Высокое значение индекса пластичности обеспечивает повышенный ресурс в условиях циклических нагрузок, а близость значений модулей упругости покрытия и подложки способствует снижению технологических напряжений на поверхности раздела и повышению адгезионной прочности.

Трибологические свойства

На рис. 2 приведена диаграмма, характеризующая падающий характер изменения коэффициента трения (нижняя кривая) со временем покрытия DLCPateks. Испытания проводились по схеме «шар-диск» с использованием шаров диаметром 3 мм, изготовленных из нитрида кремния Si_3N_4 . Нагрузка на контртело составляла 5 Н. Линейная скорость скольжения - 10 см/с. Путь трения – 80-100 м. При испытаниях применялось моторное масло Nissan SAE 5W-40. Среднее значение коэффициента трения составляет 0,024.

Аморфность

Исследования, проведенные с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEM 2100 (JEOL, Япония), показали, что покрытие DLCPateks является аморфным (рис. 3) и представляет структуру с размером элементов 60-100 Å. Аморфное (стеклообразное) состояние материала покрытия (в отличие от кристаллического) характеризуется отсутствием границ зерен и дислокационных дефектов, обеспечивает максимально эффективное заполнение впадин профиля подложки.

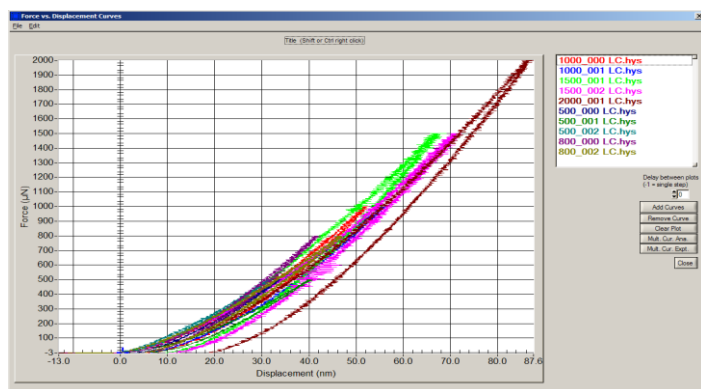


Рис. 1. Диаграммы индентирования $F-h$ при разных нагрузках покрытия DLCPateks (TI 750Ubi, Hysitron, США)



Рис. 2. Изменение коэффициента трения со временем покрытия DLCPateks (TRB-S-DE, CSM-Instruments, Швейцария)

Испытания на микроабразивное изнашивание

Исследования проводились в соответствии с международным стандартом EN 1071-6:2007 при использовании шаров диаметром 30 мм из стали ШХ15 с твердостью 60-62 HRC и параметром шероховатости поверхности $R_a \leq 0,1$ мкм. Нормальная нагрузка на образец составляла 0,25 Н. При испытаниях применялась абразивосодержащая суспензия на водной основе с монокристаллами синтетического алмаза диаметром 1 мкм. Условия испытаний: круговая скорость вращения вала 100 об/мин, время испытаний 30 с. В результате испытаний получен коэффициент износа покрытия, равный $7,61 \times 10^{-13} \text{ м}^3 \text{Н}^{-1} \text{м}^{-1}$. На рис. 4 представлена микрофотография отпечатка подложки с покрытием.

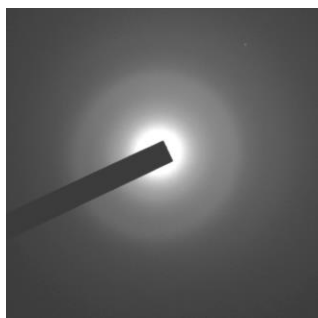


Рис. 3. Электронограмма покрытия DLC Pateks, характеризующая его аморфность

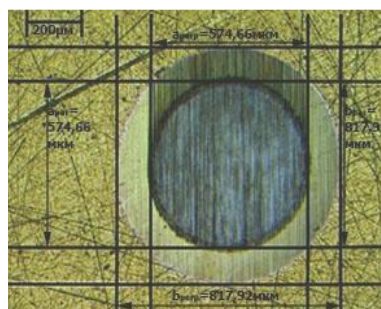


Рис. 4. Микрофотография отпечатка покрытия DLC Pateks после испытаний на микроабразивное изнашивание (Tribotester PC 103, Плазмацентр, Россия)

Залечивание дефектов

В связи с получением сжимающих напряжений на поверхности и нанесением покрытий в аморфном состоянии происходит залечивание дефектов и трещин (глубоких и узких впадин профиля) поверхностного слоя, образованных от предшествующих операций изготовления изделий. Это должно способствовать увеличению усталостной прочности деталей с покрытием. Исследования трехмерной топографии поверхности с использованием прибора MarSurf WS1 фирмы Mahr GmbH (Германия) зоны перехода покрытие DLC Pateks – подложка из стали ШХ15 показали, что после нанесения покрытия обеспечивается залечивание глубоких впадин поверхностного рельефа (рис. 5).

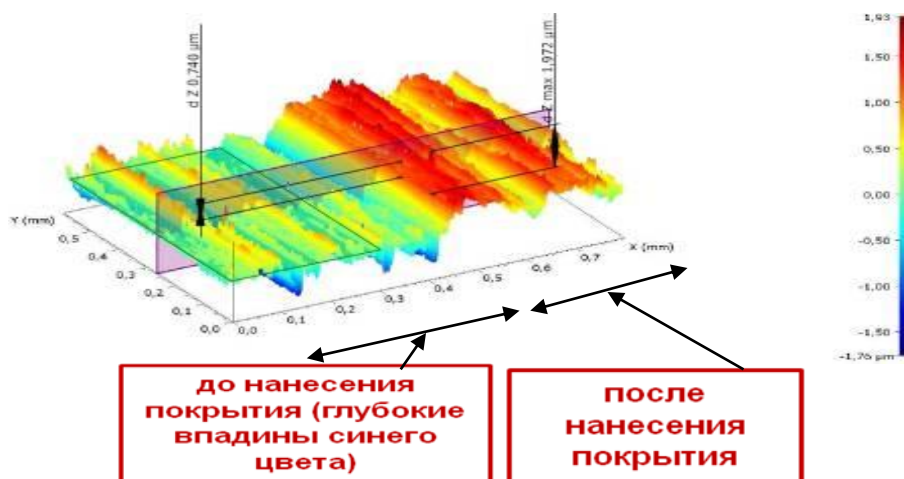


Рис. 5. Трехмерная топография поверхности покрытия DLC Pateks, где а - до нанесения покрытия видны глубокие впадины синего цвета, б - после нанесения покрытия впадины синего цвета исчезли

Экспериментальные стендовые испытания на соответствие допускам тест-планов доказали возможность использования технологии ФПУ с нанесением покрытия DLC Pateks при восстановлении штоков и клапанов мультипликатора,

игл распылителя и клапанов форсунки топливных систем Common Rail.

В настоящее время в России имеется достаточно большой парк импортной техники, использующей дизельные двигатели иностранных компаний, таких как Cummins Inc., MTU Friedrichshafen GmbH, Detroit Diesel Co., Deutz AG. Данные двигатели применяются у мировых производителей крупнотоннажных автомобилей, дорожно-строительной и специальной техники Caterpillar, Terex, Komatsu, Hitachi, Liebherr. В технике марок БЕЛАЗ и ЧЕТРА также используются двигатели, например, компаний Cummins Inc. и MTU Friedrichshafen GmbH. Все эти двигатели имеют дизельную топливную аппаратуру, подверженную износу. На рис. 6, 7, 8 представлены отдельные детали топливной аппаратуры, используемые для карьерных большегрузных самосвалов и машин повышенной проходимости марки БЕЛАЗ, восстанавливаемые путем нанесения тонкопленочного покрытия DLCPateks.



Рис. 6. Блок управления ТНВД (№ 23540850) двигателей MTU 16V4000 (MTU Friedrichshafen GmbH, Германия)



Рис. 7. Форсунка (№ 4088427) двигателей Cummins QSK45 (Cummins Inc., США)



Рис. 8. Плунжерная пара (баррель и плунжер) подачи топлива ТНВД (№ 3077526) двигателей Cummins KTA 50, KTTA 38 (Cummins Inc., США)

Таким образом, перспективными способами упрочнения и восстановления деталей топливной аппаратуры являются процессы, исключющие последующую абразивную обработку, например, метод ФПУ с нанесением алмазоподобного покрытия DLCPateks, эффективность которого определяется

его аморфным состоянием, оптимальными физико-механическими и трибологическими характеристиками, залечиванием поверхностных дефектов.

Список литературы

1. Сагин, С.В. Триботехнические процессы, протекающие в топливной аппаратуре высокого давления судовых дизелей. / С.В. Сагин // Проблемы техники. 2013. № 2. С. 33-42.

2. Бодров, А.С., Катунин, А.А., Маркин, А.С. и др. Исследование причин выхода из строя иглы распылителя дизельных топливных форсунок. / А.С. Бодров, А.А. Катунин, А.С. Маркин // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта. Материалы МНТК. 2017. Вып. 1. Тула. С. 34-40.

3. Мылов, А.А., Шавыкин, Ю.А. Комплектование прецизионных пар топливной аппаратуры дизелей. / А.А. Мылов, Ю.А. Шавыкин // Машиностроение и инженерное образование. № 3. 2008. С. 55-63.

4. Баранов, М.Н., Исупов, М.Г. Фрикционно-механическое латунирование прецизионных деталей трения. / М.Н. Баранов, М.Г. Исупов. // Трибология и надежность: Сб. научных трудов IX Международной конференции, 8-10.10.2009. СПб. 2009. С. 179-181.

5. Румянцев, Г.И. Фрикционное латунирование деталей топливной аппаратуры. / Г.И. Румянцев // Повышение износостойкости на основе избирательного переноса. М.: Машиностроение. 1977. С. 155-159.

6. Тимофеев, С.С. Повышение износостойкости плунжерных пар. / С.С. Тимофеев. // Инженерия поверхности и реновация изделий. Материалы 10-й МНТК. 24-28 мая 2010 г., Киев: АТМ Украины. 2010. С. 194-196.

7. Тимофеев, С.С., Мовшович, А.Я., Остапчук, В.Н. Повышение износостойкости деталей топливной аппаратуры тепловозных двигателей. / С.С. Тимофеев, А.Я. Мовшович, В.Н. Остапчук. // Инженерия поверхности и реновация изделий. Материалы 6-й международной научно-технической конференции. 30.05-01.06. 2006 г. Ялта-Киев. С. 143-145.

8. Мозговой, И.В., Макаренко, Н.Г., Доровских, Е.В., Куринной, М.В. Технология электрохимикомеханической обработки прецизионных пар. / И.В. Мозговой, Н.Г. Макаренко, Е.В. Доровских, М.В. Куринной // Омский научный вестник. 2012. № 1. С. 324-327.

9. Остапчук, В.Н. Разработка способов восстановления изношенных поверхностей деталей средств транспорта. / В.Н. Остапчук // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. 2013. Вип. 142. С. 72-80.

10. Лебедев, А.Т., Лебедев, П.А. Восстановление работоспособности плунжерных пар. / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 1. С. 23-24.

11. Заблоцкий, Ю.В. Исследование влияния органических покрытий на работу элементов топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей. / Ю.В. Заблоцкий // Судовые энергетические установки. Одесса: ОНМА. 2015. № 35. С. 83-91.

12. Гайдар, С.М. Восстановление рабочих параметров плунжерных пар и повышение надежности топливной системы дизельных двигателей. / Гайдар С.М. // Международный технико-экономический журнал. 2010. № 1. С. 54-58.
13. Леонтьев, Л.Б., Шапкин, Н.П., Леонтьев, А.Л. Формирование износостойких покрытий на прецизионных узлах трения. / Л.Б. Леонтьев, Н.П. Шапкин, А.Л. Леонтьев // Металлообработка. 2011. № 3. С. 14-17.
14. Тихненко, В.Г. Технология восстановления изношенных деталей хромированием. / В.Г. Тихненко // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. № 3. 2008.С. 115-116.
15. Кривашин, А.Ю., Королев, А.Е., Достовалов, В.В. Установка для электролитического восстановления плунжерных пар. / А.Ю. Кривашин, А.Е. Королев, В.В. Достовалов. // Достижения науки – агропромышленному производству. Материалы L МНТК. Челябинск: ЧГАА. 2011. Ч. IV. С. 31-34.
16. Кодинцев, Н.П. Упрочнение плунжерных пар топливных насосов высокого давления. / Н.П. Кодинцев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 11-4. С. 16-18.
17. Гусейнов, А.Г. Восстановление и упрочнение прецизионных деталей машин и аппаратуры комплексной диффузионной металлизацией. / Гусейнов А.Г. // Вестник машиностроения. 2000. № 5. С. 40-45.
18. Борисов, Г.А., Миронов, В.В. Восстановление прецизионных пар нанесением металлоорганических соединений. / Г.А. Борисов, В.В. Миронов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2004. № 9. С. 25-27.
19. Грашков, С.А. Повышение долговечности деталей дизельной топливной аппаратуры нитроцементацией. / С.А. Грашков // Молодежь и наука, реальность и будущее. Матер. 1-ой МНПК. Невинномысск. НИЭУП. 2008 С. 317-319.
20. Ворначева, И.В., Гадалов, В.Н., Филонович, А.В., Тураева, О.А., Макарова, И.А. Применение нитроцементации для увеличения работоспособности узлов топливных насосов. / И.В. Ворначева, В.Н. Гадалов, А.В. Филонович, О.А. Тураева, И.А. Макарова // Перспективное развитие науки, техники и технологий. Сб. материалов 6-й МНПК. 20-21 октября 2016 г. Курск. 2016. С. 38-40.
21. Думнов, С.Н., Лабаров, Д.Б., Болоев, П.А. К вопросу восстановления плунжерных пар топливных насосов дизельных двигателей. / С.Н. Думнов, Д.Б. Лабаров, П.А. Болоев // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий управления. Улан-Удэ: ВСГУТУ. 2014. № 3 (48). С. 48-53.
22. Скобло, Т.С., Ключко, О.Ю., Сидашенко, А.И., Плугатарев, А.В., Олейник, А.К. Исследование влияния ультрадисперсных алмазов при восстановлении и упрочнении деталей узлов топливной аппаратуры. / Т.С. Скобло, О.Ю. Ключко, А.И. Сидашенко, А.В. Плугатарев, А.К. Олейник // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). 2015. № 1. С. 106-111.
23. Жачкин, С.Ю., Краснова, М.Н., Пеньков, Н.А., Краснов, А.И. Повышение адгезии гальванических композитных покрытий, используемых

при восстановлении плунжерных пар ТНВД. / С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 119. Ч 1. С. 54-60.

24. Аксаков, А.Г. Комплексное решение вопроса увеличения ресурса и повышения надежности топливной аппаратуры дизелей. / А.Г. Аксаков // Двигателестроение. 2003. № 1. С. 58-60.

25. Габитов, И.И., Сайфуллин, Р.Н., Валиев, А.Р. Упрочнение клапанных узлов электрогидравлических форсунок дизелей при ремонте. / И.И. Габитов, Р.Н. Сайфуллин, А.Р. Валиев // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. № 7. С. 328-335.

26. Тарасенко, Ю.П., Кривина, Л.А., Фель, Я.А. Использование наноструктурированного ионно-плазменного покрытия нитрида титана для повышения износостойкости плунжерных пар топливных насосов. / Ю.П. Тарасенко, Л.А. Кривина, Я.А. Фель // Известия Высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2014. №3. С. 142-148.

27. Hershberger J., Ozturk O., Ajayi O.O., Woodford J.B., Erdemir A., Erck R.A., Fenske G.R. Evaluation of DLC coatings for spark-ignited, direct-injected fuel systems. Surface and Coatings Technology. 179 (2004). 237-244.

28. Christoph P.O. Treutler. Industrial use of plasma-deposited coatings for components of automotive fuel injection systems. Surface and Coatings Technology. 200 (2005). 1969-1975; Cha S.C., Erdemir A. Coating Technology for Vehicle Applications. Springer. 2015. 248 p.

29. Адигамаев, Н.Р., Лялякин, В.П., Соловьев, Р.Ю., Шарифуллин, С.Н. Плазменные технологии в повышении эффективности работы топливных насосов высокого давления дизельных двигателей. / Н.Р. Адигамаев, В.П. Лялякин., Р.Ю. Соловьев, С.Н. Шарифуллин // Сварочное производство. 2016. № 2. С. 49-51.

30. Васин, В.А., Лебедев, А.Т., Лебедев, П.А. и др. Повышение ресурса плунжерных пар при их восстановлении. / В.А. Васин, А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев // Научная мысль. 2016. № 5. С. 147-153.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ МЕТОДОМ АКУСТОПОВРЕЖДЕННОСТИ

Д.А. Третьяков, А.А. Альхименко, А.Р. Галяутдинова, С.А. Смирнов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация. Выявлено существенное влияние структурных неоднородностей на поле акустической анизотропии для элементов внутреннего контура термоядерного реактора ИТЕР из наноструктурированного карбида кремния. Полученные оценки для поврежденностей вблизи и на удалении от места разрушения образцов говорит о возможности применения метода акустоповрежденности для неразрушающего контроля конструкций из наноструктурированного карбида кремния.

Ключевые слова: *наноструктурированный карбид кремния, термоядерный реактор ИТЕР, меры тензора поврежденности, акустическая анизотропия, метод акустоповрежденности.*

NON-DESTRUCTIVE TESTING OF NANOSTRUCTURED SILICON CARBIDE STRUCTURES BY ACOUSTODAMAGE METHOD

D.A. Tretyakov, A.A. Alhimenko, A.R. Galyautdinova, S.A. Smirnov
Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University

Abstract. The significant influence of structural inhomogeneities on the field of acoustic anisotropy for element of internal contour of the ITER thermonuclear reactor made of nanostructured silicon carbide was revealed. The obtained damage estimates near the area of specimen destruction indicate the possibility of using the acoustodamage method for non-destructive testing of structures made of nanostructured silicon carbide

Keywords: *nanostructured silicon carbide, ITER thermonuclear reactor, damage tensor measures, acoustic anisotropy, acoustodamage method.*

Истощение природных энергетических ресурсов вынуждает ведущие страны мира искать новые альтернативные источники энергии. Одним из наиболее перспективных направлений является использование энергии термоядерного синтеза. Европейский союз, США, Россия, Китай, Индия, Япония и Республика Корея подписали соглашение о создании Международной организации по строительству первого экспериментального термоядерного реактора ITER. Топливом для такого реактора будут выступать дейтерий и тритий – изотопы водорода.

В результате взаимодействия атомных ядер дейтерия и трития будет высвобождаться в 20 раз больше энергии, чем при делении атомов урана [1]. При этом нейтроны не задерживаются магнитным полем и передают свою энергию внутренним стенкам реактора. Также в процессе эксплуатации реактора может произойти охлаждение удерживаемого магнитным полем плазменного шнура, за которым последует срыв плазмы. В этом случае плазма неизбежно будет воздействовать на стенки реактора [1].

Карбид кремния SiC устойчив к радиационному воздействию, имеет высокую теплопроводность и низкий коэффициент термического расширения [2]. Его способность выдерживать нагрев на открытом воздухе до температур порядка 1500°C позволяет рассматривать его в качестве одного из основных конструкционных материалов внутреннего контура термоядерного реактора ITER. Промышленным способом получения порошка SiC является метод, основанный на восстановлении диоксида кремния углеродом. При этом получить беспористый карбид кремния традиционным методом спекания практически невозможно. Этим обусловлена высокая дефектность промышленных композитов на основе карбида кремния [3].

Одной из проблем обеспечения безопасной эксплуатации реактора ITER является отсутствие эффективных методик неразрушающего контроля композитных конструкций из карбида кремния. Рентгеновские методы являются поверхностными, глубина проникновения рентгеновских лучей невелика. Микроскопия или спектральные методы не позволяют обнаружить объемные дефекты неразрушающим путем. Магнитострикционные методы вовсе неприменимы для исследования конструкций из карбида кремния.

Ультразвуковые неразрушающие методы, основанные на измерении акустической анизотропии [4], лишены перечисленных недостатков. К их числу относятся метод акустоупругости [5] и метод акустоповрежденности [6,7]. Они основаны на исследовании малых относительных изменений в скоростях поперечных ультразвуковых волн, которые могут быть вызваны, в том числе, наличием дефектов структуры [8] (трещин, пор, зародышевых пустот и т.д.). Данные методы имеют низкие требования к качеству контактной поверхности, их применение обеспечено серийным сертифицированным оборудованием, позволяющим проводить диагностику в экспресс-режиме [9].

Целью работы является проведение неразрушающего контроля и оценка поврежденности конструкций из карбида кремния с помощью метода акустоповрежденности [6,7]. Первым объектом для исследования был выбран макет композитного зеркала системы сбора света из карбида кремния (на рис. 1).

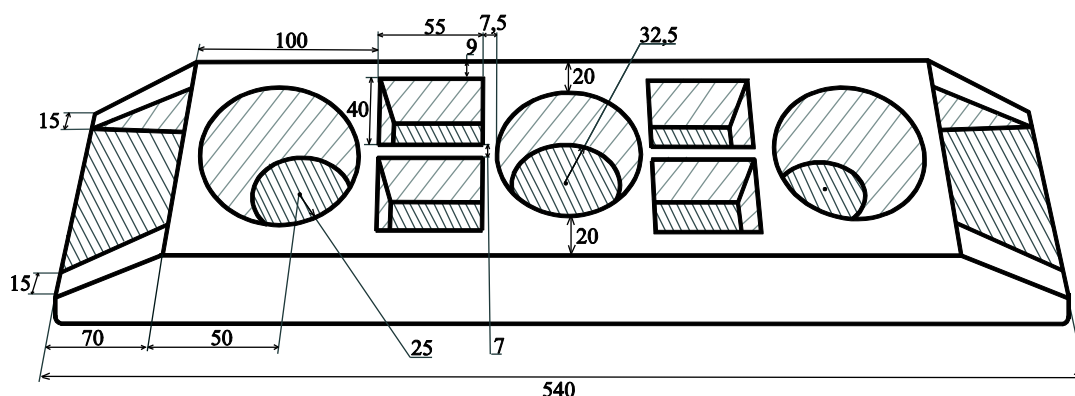


Рис.1. Геометрические размеры зеркала (образец №1)

Зеркала системы сбора света являются элементами внутреннего контура термоядерного ИТЕР, которые обеспечивают функционирование различных диагностик. Комплекс диагностик необходим для получения полных сведений о поведении плазмы, для управления реактором и для поддержания его рабочего режима. Он включает в себя более сорока различных систем для измерения параметров плазмы. Зеркала применяются для ввода зондирующего и вывода рассеянного излучения в большей части диагностик [10].

Анализ пространственного распределения акустической анизотропии осуществлялся на тех участках зеркала, которые предполагали наличие креплений и, соответственно, обладали меньшей толщиной по сравнению с остальным зеркалом (на рис.1). Измерения осуществлялись при помощи ультразвукового датчика 5 МГц, входящего в состав ультразвукового прибора ИН-5101А, предназначенного для неразрушающего контроля конструкций в атомной энергетике [9]. Датчик крепился с зеркальной стороны образца. Акустическая анизотропия измерялась согласно [11]:

$$\Delta a = 2(v_1 - v_2)/(v_1 + v_2), \quad (1)$$

где v_1 и v_2 - скорости поперечных волн в двух взаимно ортогональных

направлениях.

Поле акустической анизотропии (на рис.2) было построено для 100 точек зеркала. Для наглядности, акустическая анизотропия была взята по модулю. Черным цветом на рис.2 означены области, в которых измерения не проводились.

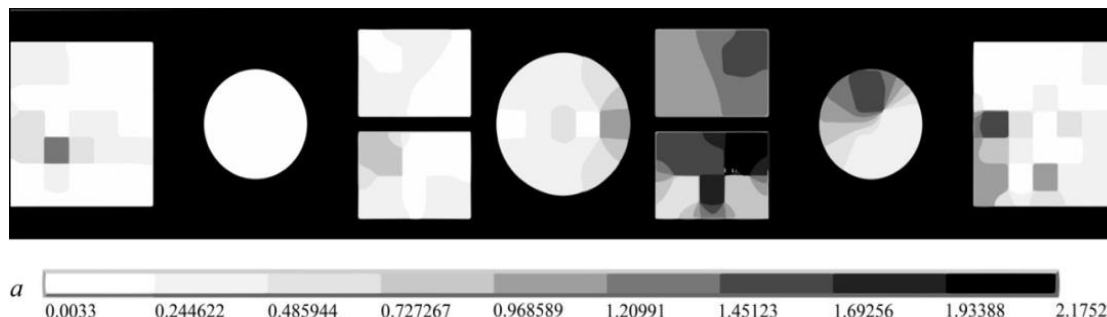


Рис.2. Поле акустической анизотропии в образце №1

Однородность свойств является важным требованием к конструкциям с композитной структурой. Построенное поле акустической анизотропии (на рис.2) свидетельствует о наличии участков с существенной анизотропией свойств, которая, согласно общепринятой формуле для акустической анизотропии [12] и ее модификации (2) [6], может быть обусловлено только наличием дефектов структуры:

$$\Delta a = a_0 + a_1(\varepsilon_1^p - \varepsilon_2^p) + C_A(\sigma_1 - \sigma_2) + a_2, \quad (2)$$

где a_0 - начальная анизотропия материала, $\varepsilon_1^p, \varepsilon_2^p$ - главные пластические деформации, σ_1, σ_2 - главные напряжения, a_2 - вклад дефектов структуры в величину Δa . Видно, что из всех компонент, входящих в формулу (2), остается только компонента a_2 .

Максимальное значение акустической анизотропии составило 2.18%, что на практике является существенным. Это сопоставимо с суммарным вкладом от начальной анизотропии, упругих напряжений и пластических деформаций при неупругом деформировании конструкций из промышленного проката [13].

Помимо зеркала, был также исследован образец-обломок конструкции из карбида кремния, изготовленной по аналогичной с зеркалом технологии (на рис. 3 а, б).



Рис.3а. Образец-обломок №2 (вид сбоку)



Рис.3б. Образец №2 (вид спереди)

Результаты измерения акустической анизотропии представлены на рис. 4. По оси абсцисс указано расстояние до места разрушения. Видно, что распределение акустической анизотропии имеет немонотонный характер, а сама акустическая анизотропия вблизи места разрушения меняет знак (на рис.4), что может являться диагностическим признаком.

Согласно соотношениям [6], скорости ультразвуковых волн связаны с главными значениями тензора поврежденности следующим образом:

$$\begin{cases} D_3 = 1 - (\bar{v}_3/v_3)^2 \\ D_2 = 1 - [2(\bar{v}_2/v_2)^{-2} - (\bar{v}_3/v_3)^{-2}]^{-1} \\ D_1 = 1 - [2(\bar{v}_1/v_1)^{-2} - (\bar{v}_3/v_3)^{-2}]^{-1} \end{cases} \quad (3)$$

где v_3 - скорость продольной волны, v_1, v_2 - скорости поперечных волн. Формулы (3) получены для наиболее часто используемой в научной литературе явной аддитивной [6] схемы симметризации тензора эффективных напряжений.

Распределения главных значений тензора поврежденности D_1, D_2, D_3 вдоль образца коррелируют друг с другом (на рис.5), что также может быть обусловлено только влиянием дефектов на скорости ультразвуковых волн. Максимальные значения D_1, D_2, D_3 достигаются в области вблизи места разрушения образца (на рис.5).

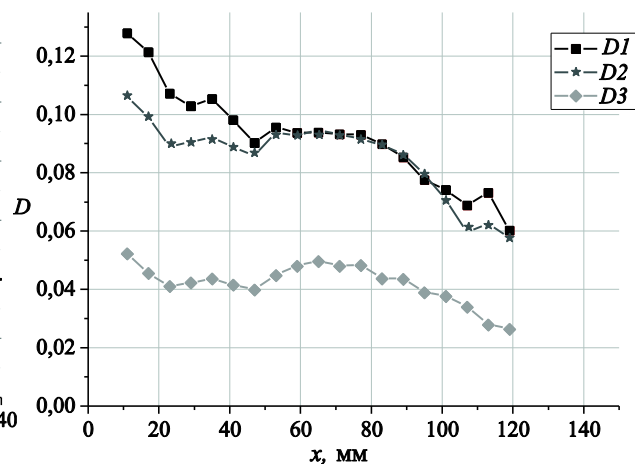
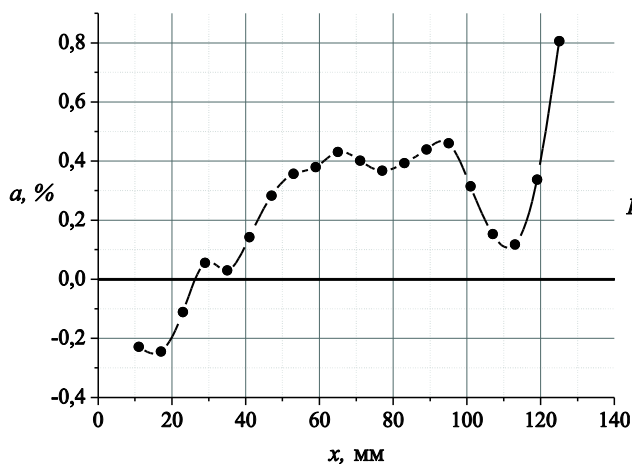


Рис.4. Распределение Δa в образце Рис.5. Поврежденности D_1, D_2, D_3 в образце

Полученные результаты указывают на существенное влияние дефектов структуры на характер распределений акустической анизотропии (на рис.4) и поврежденностей (на рис.5), что позволяет говорить об эффективности применения метода акустоповрежденности для неразрушающего контроля конструкций из наноструктурированного карбида кремния.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 18-19-00413.

Список литературы

1. Куличенков, В.П. Энергетика будущих поколений / В.П. Куличенков // Энергетическая Стратегия. – 2011. – Т.19 – №1. – С. 80-82.

2. Лучинин, В.В. Карбид кремния – алмазоподобный материал с управляемыми наноструктурно-зависимыми свойствами / В.В. Лучинин, Ю.М. Таиров // Наноиндустрия. -2010 -№1. -С. 37-40.
3. Московских, Д.О. Получение субмикронного порошка карбида кремния и наноструктурированной керамики на его основе: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.16.06 / Московских Дмитрий Олегович. -Москва, 2015. - 28 с.
4. Benson, R. W. Acoustoelasticity / R. W. Benson //Product Engineering. – 1959. – Vol. 30. – P. 56-59.
5. Никитина, Н. Е. Акустоупругость. Опыт практического применения/ Н. Е. Никитина - Н. Новгород.–2005–208 с.
6. Semenov, A. S. Symmetrization of the effective stress tensor for anisotropic damaged continua / A. S. Semenov //SPbSPU Journal: Physics and Mathematics. - 2017. - Vol. 3. - No. 3. - P. 271-283.
7. Семенов, А.С. Влияние поврежденности поверхностного слоя на акустическую анизотропию / А.С. Семенов, В.А. Полянский, Л.В. Штукин, Д.А. Третьяков // ПМТФ. - 2018. - № 6 (в печати).
8. Alekseeva, E. L. A study of hydrogen cracking in metals by the acoustoelasticity method / E. L. Alekseeva, A. K. Belyaev, L. A. Pasmanik, A. M. Polyanskiy, V. A. Polyanskiy, D. A. Tretiakov, Yu. A. Yakovlev //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2017. – Vol. 1915. – No. 1. – P. 030001.
9. Прибор для измерения механических напряжений ИН-5101А. Руководство по эксплуатации. ИНКО.468160.008 РЭ.
10. Орлинский, Д. В. Имитационные исследования поведения зеркал диагностических систем экспериментального термоядерного реактора / Д. В. Орлинский, К. Ю. Вуколов, В. С. Войценья //Вопросы атомной науки и техники. – 2005. – №. 3. – С. 3-50.
11. ГОСТ Р. 52330-2005. Контроль неразрушающий //Акустический метод контроля механических напряжений. Общие требования. – 2007.
12. Hirao, M. Dependence of acoustoelastic birefringence on plastic strains in a beam / M. Hirao, Y. H. Pao //The Journal of the Acoustical society of America. – 1985. – Vol. 77. – No. 5. – P. 1659-1664.
13. Belyaev, A. K. Investigation of the correlation between acoustic anisotropy, damage and measures of the stress-strain state / A.K. Belyaev, V.A. Polyanskiy, A.S. Semenov, D.A. Tretiakov, Yu.A. Yakovlev //Procedia Structural Integrity. – 2017. – Vol. 6. – P. 201-207.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕОМАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В КАЧЕСТВЕ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

В.О. Тюрин, М.Э. Бондаренко, А.Ю. Бабин, А.С. Фетисов

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Аннотация. В статье рассматриваются основные области исследований подшипников скольжения. Выделяется тенденция перехода к интеллектуальным машинам, а именно к мехатронным устройствам, способным управлять эксплуатационными и теплофизическими

параметрами роторно-опорной системы. Одним из перспективных способов контроля параметров подшипников является применение реомагнитных жидкостей. В настоящей статье рассматривается классическая конструкция подшипника скольжения с реомагнитной жидкостью.

Ключевые слова: реомагнитные жидкости, подшипники скольжения, роторно-опорная система.

APPLICATION OF MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS AS LUBRICANTS IN FLUID-FILM BEARINGS

V.O. Tyurin, M.E. Bondarenko, A.Y. Babin, A.S. Fetisov
Orel State University

Abstract. The present paper considers basic fields of research of fluid-film bearings. A tendency is highlighted to move towards intellectual machines, namely mechatronic devices able to control operational and thermophysical parameters of a rotor-bearing system. One of the promising ways of controlling bearings' parameters is application of magnetorheological fluids. The present paper features a classic bearing design for application of these fluids for rotor's dynamic behavior control.

Keywords: magnetorheological fluids, fluid-film bearings, rotor-bearing system.

Роторные машины находят применение в областях ракето- и самолетостроения, газо- и нефтепромышленности, водном и наземном транспорте в виде насосных, компрессорных агрегатов, детандеров, различных приводов и турбинных установок. Необходимость в увеличении производительности таких машин влечет к необходимости достижения более высоких скоростей вращения. При этом увеличение скоростей вращения роторов неизбежно влечет к необходимости проектирования опор, способных выдерживать действующие на ротор нагрузки на высоких скоростях без разрушения и нарушения работоспособности машины. Часто использование опор скольжения является безальтернативным ввиду того, что подшипники скольжения, смазываемые жидкими или газообразными средами, обладают практически неограниченной быстроходностью и ресурсом, так как обеспечивают полное разделение трущихся поверхностей.

Параллельное развитие электроники и информационных технологий привело к тому, что стало возможным найти точки их соприкосновения с механикой в мехатронных устройствах. Такие устройства значительно расширяют функционал входящих в него устройств по отдельности и позволяют добиться улучшенных характеристик механического объекта, лежащего в их основе. Так, применительно к опорам роторов такие мехатронные подшипниковые узлы позволяют наряду с функцией автоматизированной диагностики управлять положением ротора в опоре для достижения максимальной устойчивости. В таком случае возможно минимизировать уровень диссипации энергии, происходящей из-за колебаний, которые могут иметь самую различную природу: свободные колебания, являющиеся результатом возникновения внезапной внешней импульсной нагрузки (аэродинамического удара в газопроводе, скачка напряжения статора

электродвигателя); вынужденные колебания – появляются вследствие наличия в системе начального дисбаланса (результат неравномерного износа лопаток), температурного изгиба, погрешностей изготовления и сборки [1, 2]. Переменные масса и дисбаланс, зависящие от технологического процесса, являются источниками параметрического возбуждения [3]. Кроме того, с возможностью управлять положением ротора в опорах появляется возможность вывода роторных машин на более энергоэффективный режим работы путем минимизации потерь мощности на трение в опорах скольжения.

В настоящее время можно выделить следующие основные области исследований подшипников скольжения (рис. 1), целью которых является улучшение их статических и динамических характеристик: микротекстурирование опорных поверхностей и профилирование каналов подачи смазочного материала [4], использование подвижных элементов в качестве опорных поверхностей [5], внедрение мехатронных технологий и интеллектуального управления в подшипниковые узлы [6] и использование смазочных материалов с улучшенными реологическими свойствами [7].

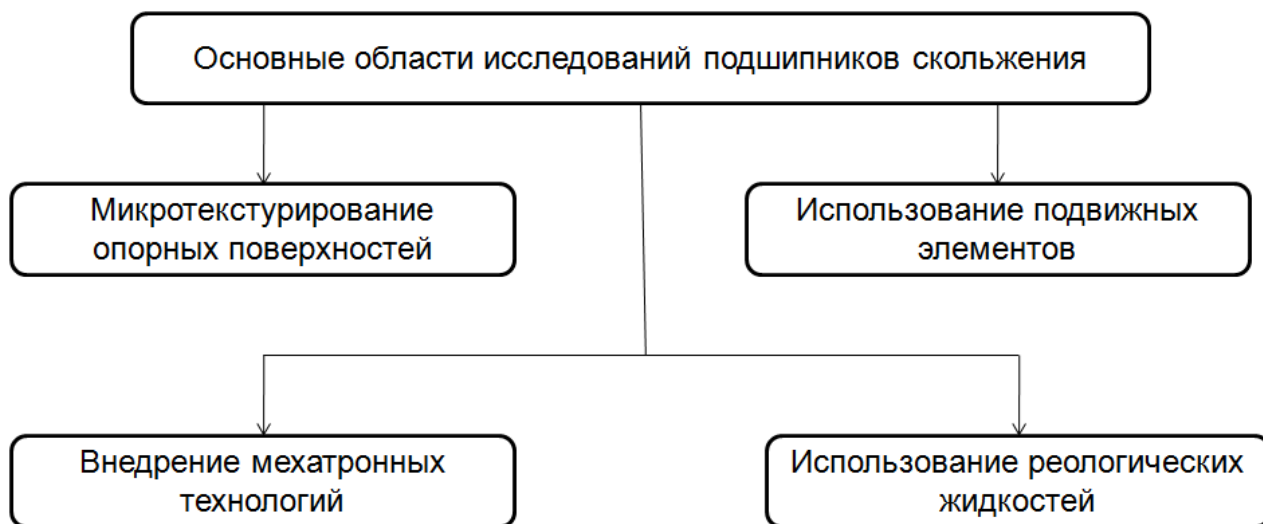


Рис. 1. Основные области исследований подшипников скольжения

Внедрение мехатронных технологий в подшипниковые узлы началось с применения магнитов в так называемых активных магнитных опорах (рис. 2). Принцип работы таких опор заключается в магнитной левитации ротора в статоре, что делает опору бесконтактной. Преимуществами такого типа опор являются высокая износостойкость, возможность функционирования в агрессивных средах и при низких температурах. Такие опоры также обладают рядом недостатков, среди которых полная зависимость от функционирования системы управления, сложность и дороговизна разработки, монтажа и обслуживания. Активные магнитные подшипники получили довольно широкое распространение в таких роторных системах, как компрессоры, турбины, насосы, моторы и генераторы.

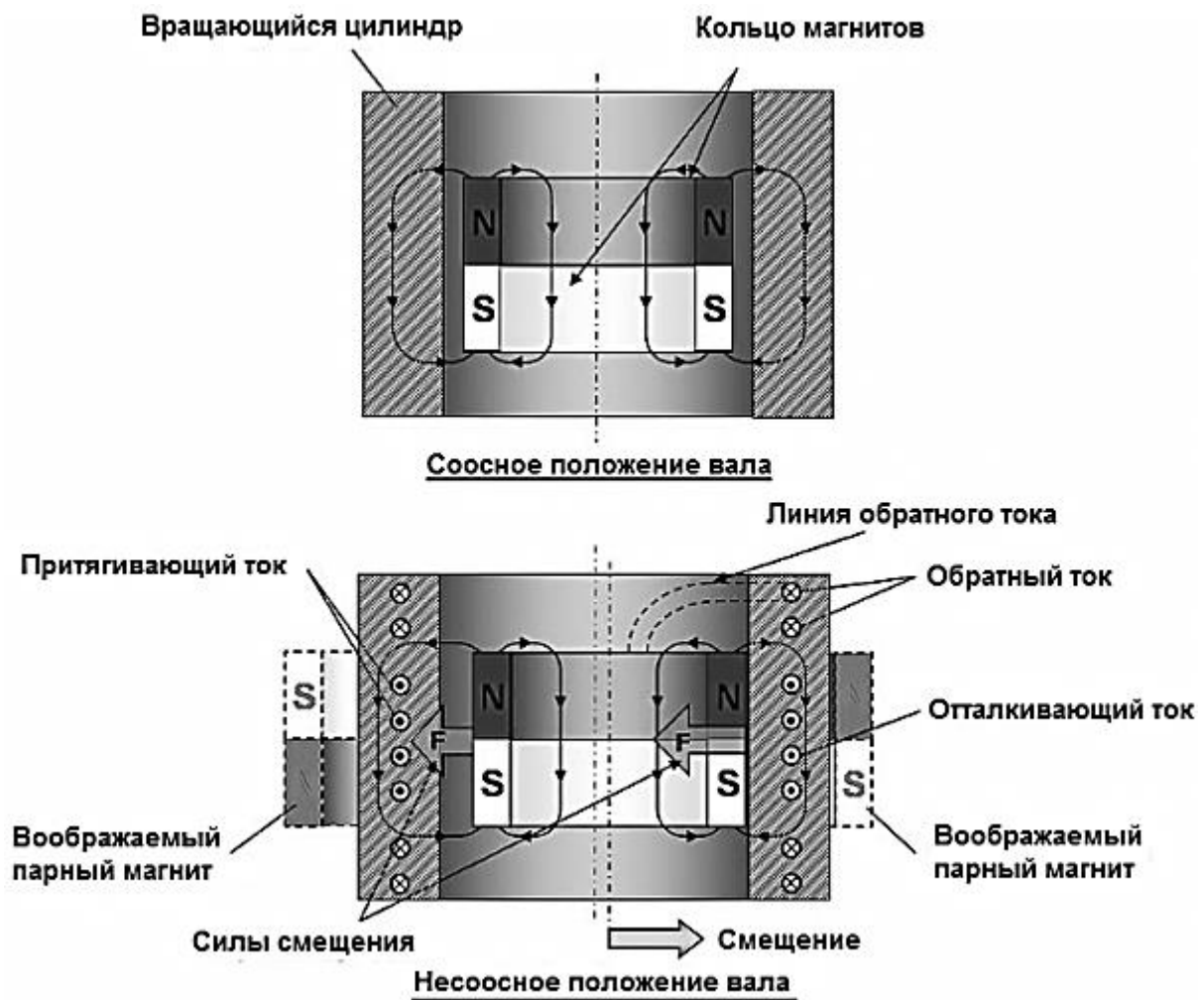


Рис. 2. Активный магнитный подшипник

Более предпочтительным в ряде случаев является использование более простых конструкций опор роторов, обладающих тем же уровнем устойчивости и надежности, что и активные магнитные подшипники. Активные гидростатодинамические подшипники также обладают высокой износостойкостью при работе в установившемся режиме при полном разделении трущихся поверхностей смазочным слоем. Проблема возможного механического контакта на этапах разгона и останова двигателя решается путем подачи смазочной жидкости под давлением. Возможность внедрения системы управления, основанной на регулировании давления подачи смазочного материала в область трения опор, является преимуществом активных гидростатодинамических упорных подшипников (рис. 3) перед электромагнитными ввиду очевидной разницы в стоимости и сложности элементов системы управления, отладки и обслуживании роторно-опорных узлов, а также ввиду возможности увеличения КПД и долговечности роторной машины в целом, не прибегая к значительному усложнению роторно-опорного узла.

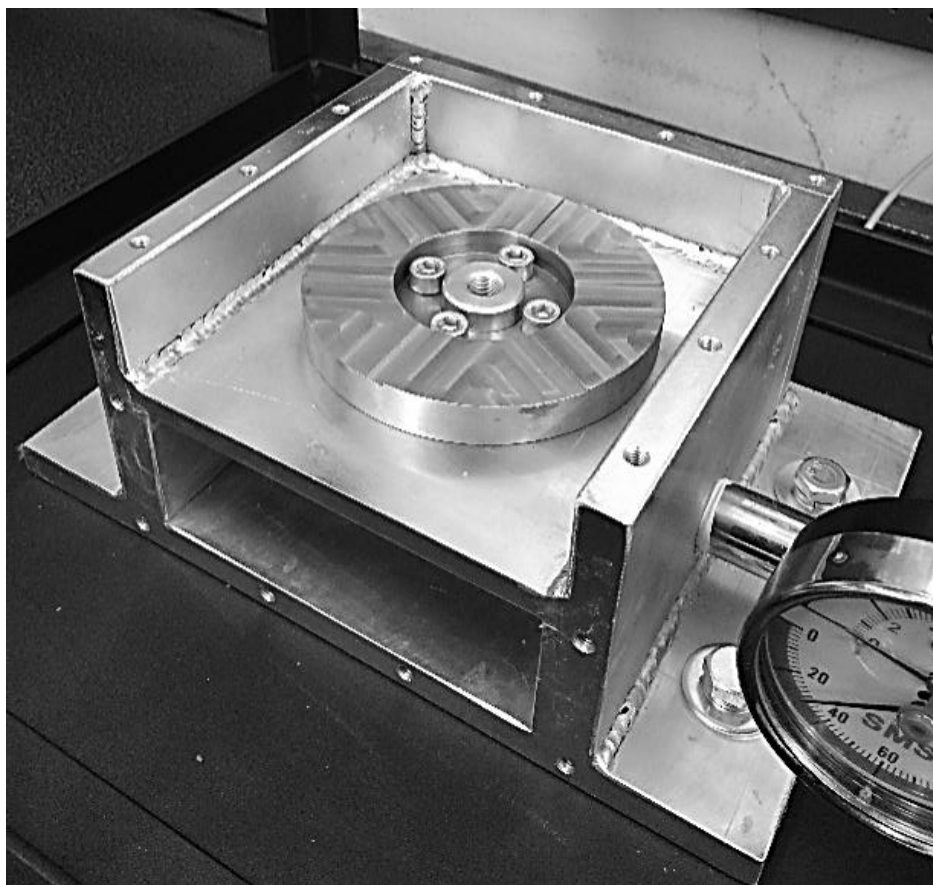


Рис. 3. Активный гидростатодинамический упорный подшипник

Отдельной областью исследований можно считать активные подшипниковые узлы, смазываемые средами сложной реологии, свойствами которых можно управлять [8]. Среда сложной реологии, обладающие выраженной нелинейной зависимостью вязкости от давления, температуры и скорости сдвига, уже долгое время находят практическое применение в триботехнике. К таким средам относятся неньютоновские жидкости, которые условно делятся на жидкости, характеристики которых квазипостоянны: дилатантные, псевдопластичные и бингамовские, и жидкости, характеристики которых в некоторой степени зависят от времени: тиксотропные и реопектические.

В большинстве случаев неньютоновские свойства смазочных материалов проявляются благодаря присадкам, которые в зависимости от функционального назначения можно разделить на: вязкостные присадки, противоизносные присадки, антиокислительные присадки, моющие присадки, дисперсные присадки, антикоррозионные присадки, антифризные присадки, противопенные присадки, противозадирные присадки; а также благодаря добавкам, среди которых различают: ультрадисперсные, полимерные и реомагнитные.

Исследование реомагнитных жидкостей началось с применения ее в некоторых видах магнито-реологических устройств, таких как магнито-реологический преобразователь, виброизоляция системы с

использованием магнитных жидкостей, магнитоареологические актуаторы и уплотнения, использующие магнитные жидкости.

Сегодня одна из прикладных задач магнитной гидродинамики связана со смазкой опор скольжения реомагнитной жидкостью. Некоторыми коллективами ученых [9,10] уже изучается применение магнитоареологических жидкостей в качестве активных жидкостей в мехатронных опорах роторов, а также отмечен эффект, оказываемый магнитным полем на характеристики смазочного слоя с ферромагнитной жидкостью. Смазка реомагнитными жидкостями опор скольжения (рис. 4) повышает несущую способность подшипника.

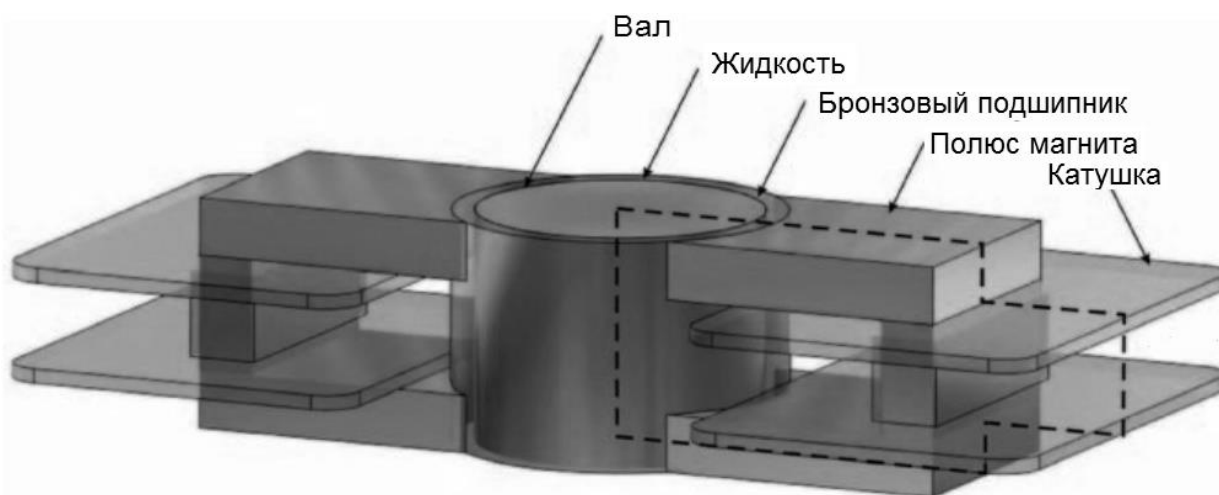


Рис. 4. Реомагнитный подшипник скольжения

Применение смазочных материалов с неньютоновскими свойствами позволяет улучшить параметры работы роторно-опорного узла с упорными гидростатодинамическими подшипниками. Магнитоареологическая жидкость может быть использована в качестве активной смазки в таких опорах роторов, а имея подходящие элементы управления и контроля параметров, можно достичь почти бесконечной жесткости подшипника.

Список литературы

1. Леонтьев, М.К. К моделированию обрыва лопатки двигателя большой степени двухконтурности / М.К. Леонтьев, А.В. Давыдов, С.А. Дегтярев, И.Л. Гладкий // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. № 2, 2014. С. 33-38.
2. Леонтьев, М.К. Выбор моделей гидродинамических демпферов в задачах роторной динамики газотурбинных двигателей / М.К. Леонтьев, М.Н. Кутаков // Вестник самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. Издательство: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (Самара), № 3, 2017. С. 81-93.
3. Магнус, К. Колебания: Введение в исследование колебательных систем / К. Магнус. М.: Мир, 1982. 304 с.

4. Gropper, D. Hydrodynamic lubrication of textured surfaces: A review of modeling techniques and key findings / D. Gropper, L. Wang L, T. Harvey // Tribology International, Vol. 94, 2016. P. 509 – 529.
5. Fillon, M. Experimental Study of Tilting-Pad Journal Bearings-Comparison With Theoretical Thermoelastohydrodynamic Results / M. Fillon, J.-C. Bligoud, J. Frene // Journal of Tribology, Vol. 114(3), 1992. P. 579-587.
6. Santos, I.F. Controllable Sliding Bearings and Controllable Lubrication Principles – An Overview / I.F. Santos // Lubricants, Vol. 6(1), 2018. 12 p.
7. Kasai, M. Influence of lubricants on plain bearing performance: analysis of bearing performance with polymer-containing oils / M. Kasai, M. Fillon, J. Bouyer, S. Jarny // Proceedings of the 2012 Annual Meeting & Exhibition, St. Louis, Missouri, USA. 2012. 5 p.
8. Wang, X. Dynamic characteristics of magnetorheological fluid lubricated journal bearing and its application to rotor vibration control / X. Wang, H. Li, M. Li, H. Bai, G. Meng, H. Zhang // Journal Of Vibroengineering, Vol. 17, Issue 4, 2015. P. 1912-1927.
9. Montazeri, H. Numerical analysis of hydrodynamic journal bearings lubricated with ferrofluids / H. Montazeri // Engineering Tribology. Proc. IMechE, 2007. Vol. 222. Part J. P. 51-60.
10. Laukiavich, C.A. A comparison between the performance of ferro- and magnetorheological fluids in a hydrodynamic bearing / C.A. Laukiavich, M.J. Braun, A.J. Chandy // Journal of engineering tribology. Proc. IMechE, 2014. Vol. 228 (6). P. 649-666.

УДК 674.07

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО СОСТАРИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

А.Ю. Федорова, И.П. Демитрова

Поволжский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы отделки искусственно состаренной (брашированной) древесины.

Ключевые слова: *создание защитно-декоративного покрытия на искусственно состаренной (брашированной) поверхности.*

FINISHING OF ARTIFICIAL WELFARE WOOD

A.Yu. Fedorova, I.P. Demitrova

Volga State University of Technology

Abstract. In this article are considered the issues of finishing artificially aged (brushed) wood.

Keyword: *creation of a protective decorative coating on an artificially aged (brushed) surface.*

Введение. Древесина обладает уникальными эстетическими свойствами - благородным цветом, красивой текстурой, разнообразной фактурой, и при этом нуждается в защите, которая осуществляется нанесением ЛКМ.

Эстетические свойства древесины и лакокрасочных покрытий успешно используются дизайнерами в качестве средств декорирования, придающих изделиям художественную выразительность.

Цель работы: совершенствование дизайна изделий из древесины, имитирующей состаренную, за счет рационального сочетания эстетических свойств фактуры брашированной древесины и эффекта от нанесения лакокрасочных покрытий.

Состояние вопроса. Вопросами отделки древесины занимались многие ученые. Работ посвященных отделке брашированной поверхности, практически нет. Газеев М.В. [1] рассматривает вопросы формирования лакокрасочных покрытий на древесине хвойных пород красящими составами на основе алкидных смол. В выводах он отмечает, что применение красящего состава на основе алкидных смол обеспечивает равномерное окрашивание поверхности с сохранением ее текстурного рисунка и не вызывает набухания поверхности древесины. Конягина Т.В. [2] рассматривает вопрос эстетических свойств фактуры древесины при имитационном старении и последующем окрашивании. Автор отмечает, что разработанная классификация изделий различного назначения из древесины устанавливает взаимосвязь изделия со свойствами фактуры и способами фактурирования. Также подчеркивает в своей работе, что различные по цвету и блеску лакокрасочные покрытия в разной степени усиливают эстетический эффект фактуры древесины, имитирующей состаренную. Лукьянова Н.Г. [3] рассматривает способы искусственного старения поверхности изделий из древесины. Автор в своей работе выделяет два способа: получение рустикального эффекта (рельефной фактуры, повторяющей естественный рисунок древесины) ранней зоны древесины с последующей обработкой лакокрасочными материалами и нанесение лакокрасочных материалов, создающих эффект искусственного старения (патины, кракле). Никифорова В.А. [4] рассматривает вопрос создания декоративно-защитного покрытия на основе водно-дисперсионной краски, модифицированной узоробразующими добавками. Автором разработаны рекомендации по выбору рациональных лакокрасочных композиций для создания узоробразующих эффектов на ровной поверхности.

Вывод. Декоративная отделка древесины увеличивает период эксплуатации изделия, создает уникальный внешний вид, защищает древесину от непосредственного влияния внешней среды. Вопросам отделки высокофактурных рельефных поверхностей уделено недостаточно внимания, в то время как брашированная древесина всё более широко применяется для отделки интерьеров различных стилевых направлений. Задача создания надежного лакокрасочного покрытия на брашированной поверхности древесины с эффектом патинирования актуальна.

Список литературы

1. Газеев М.В. Формирование лакокрасочных покрытий на древесине с применением красящего состава на основе алкидных смол. Текст.: автореферат на соискании ученой степени кандидата технических наук / М.В. Газеев. Екатеринбург, 2004. -20с.
2. Конягина Т.В. Эстетические свойства фактуры древесины при имитационном старении и последующем окрашивании. Текст.: автореферат на соискании ученой степени кандидата технических наук / Т.В. Конягина. Ижевск, 2010. -23с.
3. Лукьянова Н.Г. Искусственное старение древесины. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://business.cahul.org/iskysstvennoe-starenie-drevesinskromnoe-obaianie-starinupo/>
4. Никифорова В.А. Формирование декоративно-защитных текстурированных покрытий методом пневматического распыления. Текст.: автореферат на соискании ученой степени кандидата технических наук / В.А. Никифорова. Санкт-Петербург, 2002. -28 с.

ЗАКВАСКА – ПОЛЕЗНАЯ БИОАЛЬТЕРНАТИВА ХЛЕБОПЕКАРНЫМ ДРОЖЖАМ

И.А. Халитова, Л.Е. Мартемьянова

ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина

Аннотация. Рассматривается возможность использования в технологии изготовления хлебобулочного изделия сухой закваски «ИБИС» в качестве биологического улучшителя для корректировки хлебопекарных свойств муки, улучшения качества и предотвращения микробиологического инфицирования продукции хлебопекарного производства.

Ключевые слова: закваска, пропионовокислые бактерии, хлебобулочные изделия, хлебопекарное производство, пробиотические микроорганизмы.

SOURDOUGH IS A HEALTHY ALTERNATIVE BAKING YEAST

I.A. Khalitova, L.E. Martemyanova

FSBEI Omsk state agrarian University named after P.A. Stolypin

Abstract. The possibility of using in the technology of manufacturing a bakery product leaven "IBIS" as a biological improver to adjust the baking properties of flour, improve the quality and prevent microbiological infection of bakery products.

Keywords: leaven, propionic acid bacteria, bakery products, bakery production, probiotic microorganisms.

Эффективным решением проблемы, связанной с дефицитом эссенциальных и физиологически важных нутрицевтиков в питании современного человека является разработка и производство пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище с применением пробиотических микроорганизмов, в частности, пропионовокислых бактерий, способных синтезировать множество важных и крайне полезных для организма

веществ, подавлять патогенную микрофлору, выводить токсины, способствовать процессам ферментативного переваривания и усвоения пищи.

Цель работы: Разработать технологию и рецептуру хлебобулочного изделия с применением сухой закваски «ИБИС» и чечевичной муки, изучить их состав, влияющий на свойства и показатели качества тестовых полуфабрикатов и готовой продукции.

Опираясь на цель, рассматривались следующие основные задачи:

- провести литературный обзор характеристик и изучить состав и свойства сухой закваски и чечевичной муки;

- анализировать и обосновать возможность и целесообразность использования сухой закваски и чечевичной муки в производстве хлебобулочного изделия;

- изучить влияние сухой закваски и чечевичной муки на пищевую и биологическую ценность готового изделия при их введении в рецептуру;

- провести органолептические, физико-химические и микробиологические анализы исследуемого хлебобулочного изделия, выявить сроки хранения готового продукта;

- разработать технологию производства хлебобулочного изделия с добавлением сухой закваски и чечевичной муки в качестве улучшителя хлебопекарных свойств муки и улучшения качества продукции хлебопекарного производства.

В последние годы в мире большое внимание уделяется обогащению хлеба различными полезными веществами, придающими ему лечебные и профилактические свойства. Лечебно-профилактический эффект от употребления диетических хлебобулочных изделий обеспечивается либо введением в рецептуру необходимых дополнительных компонентов, либо исключением нежелательных, а также изменения технологии их приготовления.

Многие разновидности хлеба из ржаной муки готовятся с применением хлебной закваски, так как обычные хлебопекарные дрожжи не способны придать достаточно пористую структуру такому тесту. Ржаные сорта хлеба, пользующиеся повышенным спросом у потребителей, являются хлебобулочными изделиями функционального назначения. В ржаной муке по сравнению с пшеничной содержится больше незаменимых аминокислот, некоторых минеральных веществ и витаминов.

Сегодня на хлебопекарном рынке происходит перетекание объемов производства от хлебозаводов к мелким пекарням «у дома» или в пекарни при супермаркетах, где хлебобулочные изделия считаются кулинарией.

При изготовлении продукта акцент делается на внешнем виде изделия, основными лозунгами становятся: «внимание к деталям», «хлеб как источник наслаждения», «удовольствие от каждого кусочка». Производители понимают, что современный потребитель второй раз купит только вкусный хлеб [1].

Еще одна важная тенденция на российском хлебопекарном рынке – развитие сегмента функциональных продуктов. Функциональным называют питание, которое дает организму максимальное количество белков, углеводов, витаминов, аминокислот и минералов. И это не просто еда, а продукты,

которые оказывают оздоровительный эффект на функции органов человека. Рост популярности сектора низкокалорийных продуктов связан с растущей заботой потребителей о здоровье и стремлении к сбалансированному питанию.

С этим направлением тесно связан тренд натуральности, т.е. отход от применения искусственных добавок в пользу натуральных ингредиентов при производстве продуктов, в том числе хлебобулочных изделий. К натуральным обогатителям хлеба относятся закваски с направленным культивированием пробиотических микроорганизмов, например, концентраты бифидобактерий.

В области здорового питания населения Российской Федерации особая роль отводится созданию качественно новых пищевых продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами: биологически активными веществами и пробиотиками, способными корректировать процессы метаболизма в организме человека, повышать его защитные механизмы, снижать риск развития алиментарно зависимых заболеваний. Одним из выдающихся достижений конца XX века является разработка концепции «Пробиотики и функциональное питание» и начало ее реализации в жизнь» Пробиотики рассматриваются как биокорректоры нового поколения с полифункциональными свойствами, способные не только восполнить дефициты важных для организма элементов, но также нормализовать микробиоценоз кишечника человека, при этом проявляя иммуномодулирующее, детоксицирующее, антимуtagenное, холестерин метаболизирующее воздействие.

Пробиотик: функциональный пищевой ингредиент в виде полезных для человека непатогенных и нетоксикогенных живых микроорганизмов, обеспечивающий при систематическом употреблении в пищу в виде препаратов или в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава и (или) повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника [1, 2, 3, 4, 5, 6,7].

Пробиотические микроорганизмы благотворно влияют на организм человека путем поддержания нормального состава и биологической активности микрофлоры пищеварительного тракта. Традиционно закваски, используемые при производстве хлебобулочных изделий, представляют собой комбинации и ассоциации разных видов и штаммов микроорганизмов и могут применяться в жидком, сухом и пастообразном состоянии.

Сегодня закваска – это не только «технологический ингредиент», с ней связана целая философия в рамках двух трендов последних лет. Во-первых, в отличие от дрожжевого, хлеб на закваске полезен для организма, что отвечает потребностям современных покупателей. Во-вторых, именно закваска обеспечивает тот самый неповторимый кисловатый аромат настоящего хлеба, хлебный дух [8].

Для получения высококачественного хлеба необходимо обеспечить высокую кислотность теста. Для достижения такой кислотности хлеб вырабатывают с использованием различных видов биологических заквасок. Пшеничная закваска ускоряет процесс созревания теста, повышает пищевую

ценность готового продукта, а сухая – ускоряет технологический процесс, замедляет очерствение готовой продукции [9].

Разработка новых и совершенствование существующих технологий производства хлебобулочных изделий с использованием закваски сохраняют свою актуальность. На основании проведённого литературного обзора наиболее приоритетной в создании ржано-пшеничного хлеба, как, оказалось, является сухая закваска «ИБИС».

Еще одним перспективным и эффективным методом повышения увеличения массовой доли белка в разрабатываемом хлебе является внесение полученной из зерен чечевицы (рис.1) чечевичной муки (рис.2).

По своему химическому составу чечевичная мука является биологически-активным продуктом, который может считаться настоящим кладом полезных веществ. Чечевичная мука содержит легкоусвояемый белок, который нормализует работу желудочно-кишечного тракта (калоризатор). Согласно научным данным, в чечевице разных сортов может содержаться до 50% растительного белка. Помимо белка чечевица в изобилии содержит грубые пищевые волокна, которые, попадая в кишечник, впитывают в себя влагу, а вместе с ней холестерин, токсины и канцерогены, и затем выводят их из организма. Такое свойство чечевицы делает ее полезной людям с замедленным метаболизмом и нарушениями работы пищеварительной системы, а кроме того, относит к числу продуктов, помогающих предотвратить образование раковых клеток и развитие опухолей.

Химический состав муки чечевичной содержит: бета-каротин, витамины А, В1, В2, В5, В6, Е и РР, а также полезные минеральные вещества: калий, кальций, магний, цинк, селен, медь и марганец, железо, хлор и сера, йод, хром, фтор, молибден, бор и ванадий, олово и титан, кремний, кобальт, никель и алюминий, фосфор и натрий, жирные кислоты из группы Омега-3, Омега-6.



Рис. 1. Зёрна чечевицы



Рис. 2. Мука чечевичная

Также чечевица содержит триптофан — аминокислоту, которая в нашем организме превращается в «гормон радости» серотонин (его недостаток вызывает депрессию, чувство тревоги и подавленное состояние). Именно поэтому чечевицу считают отличным натуральным антидепрессантом.

Чечевица относится к продуктам с низким гликемическим индексом — она повышает иммунитет и улучшает обмен веществ.

Экспериментальные исследования по разработке ржано-пшеничного хлеба с добавлением сухой закваски «ИБИС» и чечевичной муки проводились на кафедре продуктов питания и пищевой биотехнологии (Омский ГАУ).

Закваска «ИБИС» содержит органическую кислоту, которая увеличивает кислотность (ТТА), способствует пептизации белков, и позволяет получить эластичный мякиш (отсутствие липкости). При этом улучшается вкус хлеба за счет пикантной кислинки. Для ввода ее в технологию приготовления хлебобулочного изделия была разработана рецептура, состоящая из следующих ингредиентов: пшеничная мука 1 сорта ГОСТ 26574-2017, мука ржаная ГОСТ 7045-2017, мука чечевичная ТУ 9293-009-89751414-10, вода питьевая ГОСТ Р 51232-98, соль поваренная пищевая ГОСТ Р 51574-2018, закваска «ИБИС» с оранжевой этикеткой ТУ 9229-002-02069473-2005.

При выполнении работы использовали стандартные, общепринятые органолептические, физико-химические, микробиологические методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Для проведения экспериментов готовили следующие образцы:

Контроль – без внесения сухой закваски «ИБИС» и чечевичной муки;

Образец №1 – внесение сухой закваски «ИБИС» в количестве 1 %;

Образец №2 – внесение сухой закваски «ИБИС» в количестве 2,5 %;

Образец №3 – внесение сухой закваски «ИБИС» в количестве 5 %.

Для установления влияния количества вводимых компонентов, на качество полученного ржано-пшеничного хлеба, соотношение ржаной, пшеничной и чечевичной муки в рецептуре хлеба составляло 50:50. Дозировку закваски «ИБИС» выбирали на основе рекомендаций их производителя.

Результаты исследований. В готовых исследуемых образцах ржано-пшеничного хлеба определяли органолептические, физико-химические и микробиологические показатели.

Проведенные исследования показали, что применение сухой закваски «ИБИС» (рис.3) способствует увеличению количества витаминов группы В, особенно витамина В12, как в сухой закваске, так и в готовом хлебе, при выпечке сохраняется более половины витаминов, содержащихся в полуфабрикате, характеризуется высокими органолептическими показателями. Повышение уровня кислотности теста хорошо сказывается на клейковине, повышается ее прочность и устойчивость (рис.4). Между кислотностью хлебобулочных изделий и сохранением качества при хранении существует определенная взаимосвязь. По мере снижения значения РН хлеба (то есть, повышения уровня кислотности), повышается его способность к хранению. В этом несомненный плюс применяемой сухой закваски «ИБИС».



Рис. 3. Сухая закваска «ИБИС»

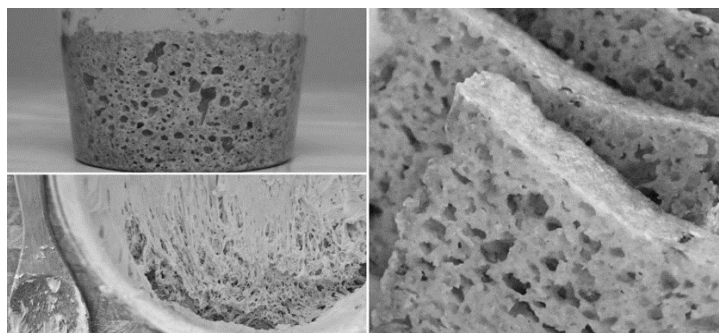


Рис.4. Упрочнение структуры теста

При добавлении 20% муки чечевичной в муку пшеничную и ржаную, происходит увеличение на 3% содержание белка в готовом продукте, улучшается качество хлеба, обогащается его химический состав, повышается пищевая ценность и улучшаются физико-химические показатели. По сравнению с контролем в разработанном продукте увеличилось содержание минеральных веществ, витамина группы В, витамина А, Е и РР, в то же время снизилось общее содержание углеводов, но увеличилось содержание в составе продукта пищевых волокон. Чечевичная мука при тепловой обработке дает легкий ореховый аромат, таким образом, позволяя приготовить вкусный, ароматный хлеб из смеси ржаной, пшеничной и чечевичной муки.

Заключение: На основании полученных результатов разработана технология производства ржано-пшеничного хлеба, позволяющая получать продукты массового потребления с повышенной пищевой и биологической ценностью. Применение сухой закваски «ИБИС» позволяет сэкономить время, регулировать кислотность, добиться эластичности мякиша, увеличить сроки хранения ржано-пшеничного хлеба до 6-7 суток, повысить устойчивость к «картофельной болезни» и плесневению.

Использование сухой закваски «ИБИС» и чечевичной муки в производстве ржано-пшеничного хлеба позволит производителю совершенствовать и одновременно упрощать процесс производства, делая его более эффективным, обеспечит привлекательный внешний вид и высокое качество готового продукта, придаст изделиям новые потребительские свойства и снизит себестоимость. Позволит получить конкурентоспособный продукт, который будет пользоваться популярностью у населения.

Список литературы

1. Васюкова, Т.А. Современные технологии хлебопечения /А.Т. Васюкова, В.Ф. Пучкова. – М.: ИТК «Дашков и КО», 2008. – 224 с.
2. Перспективы рынка пробиотиков. Режим доступа: <http://propionix.ru>
- 3.Доронин А.Ф. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии /А.Ф. Доронин, Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А. П. Нечаев, С.А. Хуршудян, О.Г. Шубина Под ред. А.А. Кочетковой. – М.: ДеЛипринт, 2009.- 288 с.

4. Доронин, А.Ф. Функциональное питание /А.Ф. Доронин, Б.А. Шендеров– М.:Грантъ.-2002. - С.294.
5. Доронин, А.Ф. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию /А.Ф. Доронин, Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова – М.: ДеЛепринт – 2009. – 284 с.
6. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. №1662-р – Собрание законодательства Российской Федерации, 24.11.2008, № 47 - С. 5489
7. Корячкина, С.Я. Совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских макаронных изделий функционального назначения /С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова, Е.В. Хмельёва и др. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. – 262 с.
8. Известия ВУЗов. Пищевая технология. №2,3 2010 г. Применение заквасок в хлебопечении. / Р.Р. Еникеев, А.Г. Кашаев, А.В. Зимичев
9. Анализ технологических схем применения пшеничных заквасок. Режим доступа: <http://poisk-ru.ru>

БЕСКОНТАКТНЫЕ ОПОРЫ ТУРБОМАШИН

А.С. Хвостиков, А.В. Смирнов

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по разработке высокоскоростных бесконтактных опор турбомашин. Применение бесконтактных опор позволяет снизить сопротивление на трение, повысить точность вращения. В статье представлен стенд для исследования точности вращения, методика проведения эксперимента, результаты исследования и рекомендации по использованию результатов.

Ключевые слова: *бесконтактные опоры, точность вращения, высокоскоростная роторная система.*

CONTACTLESS BEARINGS OF TURBOMACHINES

A.S. Khvostikov, A.V. Smirnov

Komsomolsk-on-Amur state University

Abstract. The article presents the results of a study on the development of high-speed non-contact bearings of turbomachines. The use of non-contact bearings can reduce the resistance to friction, improve the accuracy of rotation. The article presents a stand for the study of the accuracy of rotation, the method of the experiment, the results of the study and recommendations for the use of the results.

Keywords: *non-contact bearings, rotation accuracy, high-speed rotor system.*

Одним из путей улучшения технико-экономических показателей турбомашин, широко используемых в промышленной теплоэнергетики, является повышение их быстроходности, что тесно связано с применяемым типом узла трения. Опыт эксплуатации подшипников различных конструкций показывает, что наиболее приемлемым типом опор, с точки зрения обеспечения

высокой частоты вращения ротора и долговечности работы, являются подшипники на газовой смазке.

Повышение точности вращения роторов высокоскоростных систем является одной из главных задач современного машиностроения. Повышение их точности вращения необходимо не только для повышения устойчивости работы и снижения потерь на трение, но и в качестве меры повышения эксплуатационных характеристик системы. Например, высокая точность вращения шпинделя при высокоскоростной механообработке позволяет повысить производительность, требуемую точность и качество изготовления деталей.

Развитие современных турбомашин как и других роторных машин и механизмов тесно связано с ростом их производительности, точности работы, уменьшения массогабаритных характеристик и т.д., что приводит к необходимости повышения рабочих частот вращения ротора, а также увеличения воспринимаемых статических и динамических нагрузок.

К быстроходным опорам роторных систем можно отнести все бесконтактные подшипники, а также подшипники качения с керамическими телами с применением маслотовоздушного смазывания. Однако, ресурс подшипников качения в несколько раз меньше ресурса бесконтактных опор. Кроме этого, ниже и точность вращения, заложенная геометрией подшипника.

Недостаток опор скольжения с жидкой смазкой (как гидродинамических, так и гидростатических), состоит в значительном выделении тепла в результате относительного скольжения слое в смазке, поскольку мощность, затрачиваемая на трение, пропорциональна вязкости смазки и квадрату скорости вращения.

Одним из способов повышения частоты вращения роторных машин, к числу которых, в частности, относят турбомашину, является установка их на газостатические опоры. Турбомашину на газовых опорах нашли свое широкое применение в металлообработке, гироскопах, прецизионных приборах, на газоперекачивающих станциях и т.д., что привлекает исследователей к изучению особенностей их работы.

Газостатические опоры способны развить быстроходность до $2,5 \cdot 10^6$ мм·мин⁻¹ и обеспечить точность вращения шпинделя, равную 0,02...0,04 мкм. Преимущества высокоскоростных роторов на газовых опорах состоит в простоте конструкции и независимости от температурных режимов [2, 4]. Как и любые другие опоры, подшипники на газовой смазке не лишены недостатков – они имеют относительно невысокую несущую способность, склонны к потере устойчивости и требуют высокую точность изготовления.

Анализ различных типов газовых подшипников показывает, что такие недостатки сводятся к минимуму при эксплуатации газостатических подшипников с пористым вкладышем. Тем не менее, такие опоры в настоящее время имеют ограниченное применение, что можно объяснить отсутствием пригодного пористого материала. Так, например, проницаемость спеченных пористых материалов (металлокерамики) изменяется при механической обработке из-за пластической деформации поверхностного слоя. Таким образом, надежность подшипников, изготовленных из этих материалов, весьма

мала. Кроме того, подшипники с пористыми вкладышами нестабильны в размерах, для них характерен большой расход воздуха, а отсюда и повышенный расход энергии на обеспечение сжатым воздухом.

В связи с этим, перспективными являются конструкции подшипников, на рабочих поверхностях которых, в специально подготовленных пазах, установлены пористые вставки, через которые газ подводится в воздушный зазор.

Подшипники с частично пористой стенкой вкладыша более просты в изготовлении, чем подшипники с дискретными питателями или микроканавками и вместе с тем более экономичны, чем подшипники с полностью пористыми вкладышами, так как уменьшается расход воздуха, подаваемый на смазку. Несмотря на то, что впервые идея создания газостатических подшипников с частично пористой стенкой вкладыша была высказана еще в 1972 г. Дональдсоном и Паттерсоном, тем не менее, и до настоящего времени в открытой печати практически полностью отсутствуют сведения о характеристиках и особенностях работы таких подшипников.

В рамках проводимых в КНАГУ разработок конструкций высокоскоростных турбоприводов, всестороннему исследованию были подвергнуты стационарные характеристики газостатических подшипников с частично пористой стенкой вкладыша.

Теоретическое решение задачи по определению интегральных характеристик подшипников выполнено на основе численного решения модифицированного уравнения Рейнольдса, учитывающее общепринятые в теории газовой смазки допущения о течении газа в зазоре подшипников.

Экспериментальные исследования, выполненные с двухрядным подшипником с пористыми цилиндрическими вставками, подтвердили корректную разработку методики расчета характеристик. Следует отметить, что в качестве пористого материала вставок была использована термически обработанная древесина березы – материал распространенный и достаточно дешевый.

На основе развитой методики расчета исследованы характеристики двухрядных газостатических подшипников с цилиндрическими и кольцевыми вставками и однорядного подшипника с кольцевой вставкой. Исследованиями установлено, что в области малых значений числа сжимаемости (при невысокой частоте вращения ротора) максимальная величина коэффициента несущей способности подшипников с частично пористой стенкой вкладыша ниже на 15...30%, чем у подшипника с полностью пористым вкладышем. Вместе с этим, абсолютный расход газа у исследуемых подшипников оказывается до 25 раз меньше, чем у пористого подшипника при одинаковой проницаемости пористой матрицы. Это объясняется не только уменьшением площади пористой поверхности вкладыша, но и тем, что оптимальная величина коэффициента несущей способности подшипников с частично пористой стенкой вкладыша достигается при меньшем (в 1,5...3 раза) среднем радиальном зазоре.

Анализ гибридных характеристик исследуемых подшипников позволил сделать вывод, что с ростом числа сжимаемости и относительного

эксцентриситета несущая способность подшипников с пористыми вставками выше, чем у подшипника с пористым вкладышем. Полученный результат связан с преобладанием эффекта самогенерации давления над внешним наддувом газа. Это подтверждает выводы ряда исследований по подшипникам с пористым вкладышем о стремлении пористой поверхности нейтрализовать динамическую составляющую несущей способности.

В целом комплекс выполненных исследований показал на целесообразность использования подшипников с частично пористой стенкой вкладыша в быстроходных турбомашинах. Исследования по контролю положения шпинделя, установленного на газостатические опоры, выполнено на экспериментальном стенде, показанном на рисунке 1.

Экспериментальный стенд включает в себя: 1 – опорные газостатические подшипники; 2 – ротор; 3 – нагружающее устройство; 4 – датчики ВАЭ; 5 – емкостные датчики; 6 – осциллограф; 7 – аналогово-цифровой преобразователь; 8 – ПЭВМ; 9 – частотомер; 10 – турбину. Наиболее подробно устройство и принцип работы стенда по исследованию точности вращения ротора на бесконтактных опорах и методика проведения эксперимента описана в [1].

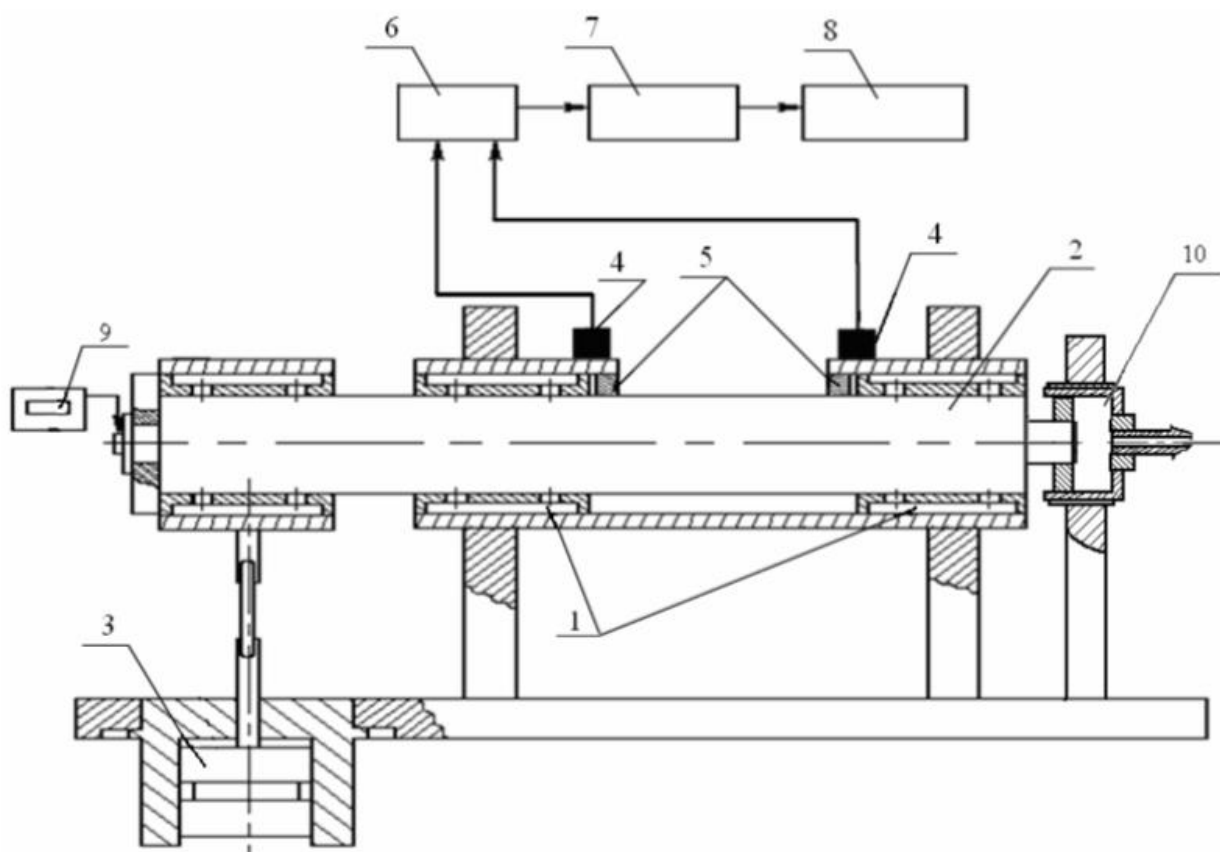


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда

При контроле положения ротора сигналы снимаются с датчиков, закрепленных на корпусе исследуемого подшипника радиально во взаимно перпендикулярных направлениях. Сигнал ВАЭ, регистрируемый с помощью пьезоэлектрических датчиков, поступает через осциллограф на плату сбора

данных, где происходит аналогово-цифровое преобразование, после которого сигнал поступает для обработки в память ЭВМ. Использование аналогового осциллографа позволяет усилить регистрируемый сигнал, поскольку величина амплитуды его не велика. С помощью ЭВМ производится очистка сигнала методом вейвлет-преобразования и выполняется реконструкция аттрактора, позволяющая получить траекторию движения оси шпинделя. По виду фазовых портретов колебаний шпинделя в вертикальном и горизонтальном направлении вычисляется траектория движения оси шпинделя в относительных и реальных координатах (рис. 2).

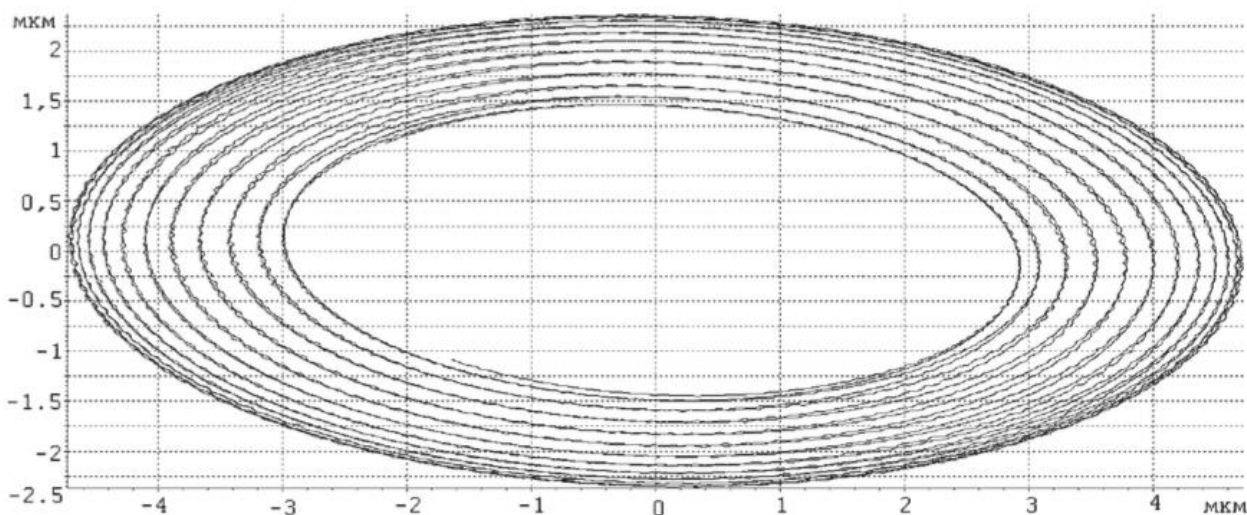


Рисунок 2 траектория движения оси колебания шпинделя в действительных координатах

Исследования по влиянию конструктивных параметров роторных систем на динамические характеристики выявило, что наиболее важным параметром является радиальный зазор. Наиболее простое техническое решение по регулированию зазора выполняется при помощи магнитной составляющей газоманитного подшипника. Еще один способ регулирования радиального зазора предлагаемый в КНАГУ является конические подшипники. При всей простоте конструкции конические подшипники позволяют не только регулировать зазор, но и выступают одновременно как радиальные и осевые подшипники.

Список литературы

1. Космынин А. В. Определение траектории движения шпинделя на бесконтактных опорах методом виброакустической эмиссии / А. В. Космынин, А. С. Хвостиков, В. С. Щетинин и др. // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 9 С. 182-183.
2. Космынин А.В. Газомагнитные опоры высокоскоростных роторных систем // А.В. Космынин, В.С. Щетинин, В.С. Щетинин, Н.А. Иванова, А.С. Хвостиков. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. - 132 с.

3. Космынин А.В. Выходные характеристики высокоскоростных шпиндельных узлов на газовых опорах / А.В. Космынин, В.И. Шаломов, В.С. Щетинин, В.Д. Жесткая, А.С. Хвостиков, А.В. Смирнов.

О МЕТОДАХ ВЫБОРА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Р.М. Хусаинов, П.Н. Крестьянинов, Д.Д. Сафин

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Аннотация. В статье рассматриваются основные положения по выбору метода оптимизации технологических параметров обработки резанием на фрезерных станках. Метод является экспериментально-аналитическим, характеризуется низкой трудоемкостью и себестоимостью реализации.

Ключевые слова: фрезерование, режимы резания, АФЧХ.

METHODS OF CHOICE THE MILLING CUTTING MODES

R. Khusainov, P. Krestyaninov, D. Safin

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan Federal University

Abstract. The article discusses the basic principles on the choice of the method of optimization of the technological parameters of cutting on milling machines. The method is experimental-analytical, characterized by low labor and cost of its implementation.

Keywords: milling, cutting conditions, Nyquist plot.

Важной частью технологической подготовки производства является выбор режимов резания технологического перехода. Особенную значимость эта задача приобретает при фрезеровании, поскольку в этом способе обработки имеется наибольшее число независимых параметров резания – ширина, глубина, подача на зуб, скорость резания [1]. Современные методы обработки располагают большим числом схем резания, предполагающих различные сочетания этих режимов. Это приводит к усложнению задачи подбора оптимальных режимов резания. Если эти режимы не будут соответствовать конкретному состоянию технологической системы, то возникнут вибрации, уменьшится стойкость инструмента. Всё это приведет к тому, что технологический процесс будет выполняться с недостаточной производительностью и высокой себестоимостью [2]. В некоторых случаях возникнут аварийные ситуации. Особенно это касается режимов резания при черновой обработке. Если при чистовом фрезеровании глубина и ширина резания, как правило, однозначно определяются оставшимся на заготовке припуском, а скорость подачи легко определяется необходимым качеством обработанной поверхности [3], то при черновой обработке однозначных рекомендаций по назначению ширины и глубины резания, как правило, не существует за редкими исключениями. Хотя многие производители инструмента, такие как Sandvik Coromant дают рекомендации по параметрам резания, но эти рекомендации касаются только максимальных возможных

граничных значений. Применение этих значений на практике чаще всего приводит к недопустимым вибрациям. Чаще всего для конкретных производственных условий требуется длительная приработка этих режимов на конкретном рабочем месте [4]. Таким образом, необходима методика, которая бы позволила подобрать оптимальные режимы резания для конкретных производственных условий за короткое время и с минимальной себестоимостью. В качестве критериев оптимизации следует принимать:

- производительность обработки, поскольку при черновой обработке в настоящее время именно она является важнейшим фактором снижения трудоемкости операции;
- уровень колебаний, поскольку высокий уровень вибраций приводит к снижению стойкости инструмента и к его поломкам, а также именно он чаще всего является ограничивающим фактором в достижении наиболее производительных режимов резания.

Такая методика должна быть экспериментальной, поскольку расчетные данные требуют значительных допущений, что снижает точность и достоверность результатов, а также методика содержит многие величины, которые могут быть определены только экспериментально [5].

Решение этой проблемы возможно с применением следующих методов:

1. Метод случайного поиска. Один из вариантов этого метода предложен в работе [6]. Согласно этой методике назначаются режимы резания, образующие центральную точку и вершины гиперкуба в пространстве параметров резания. Путём проведения пробных резов с применением данных режимов определяются амплитуды вибрации и значения производительности съема металла. К недостаткам этого метода можно отнести большое количество необходимых экспериментов. Так для подбора четырех параметров при фрезеровании необходимо выполнить девять экспериментов. Кроме того, такой метод рассматривает только граничные, не промежуточные значения диапазона режимов резания, что не дает возможности определить полноценно оптимальные режимы резания, которые могут лежать и внутри этого диапазона.

2. Метод направленного поиска.

В этом случае могут применяться методы многофакторной оптимизации такие, например, как метод градиентного или покоординатного спуска. Этот метод резания имеет следующие недостатки:

- поскольку задействовано большое количество независимых параметров, то возможно потребуется очень большое количество экспериментов, что ставит под сомнение рациональность данного метода;
- основной функцией, по которой можно судить об уровне вибраций на данных режимах резания является амплитудно-частотная характеристика динамической системы фрезерного станка — это функция является существенно нелинейной. Аналитическое выражение для этой функции, может быть получено путем экспериментального или расчетного исследования, что также повышает трудоемкость метода.

3. Амплитудно-фазочастотная характеристика динамической системы фрезерного станка. Оценить динамическую устойчивость технологической

системы можно по критерию Найквиста, который предполагает получение и исследование этой характеристики. Как известно из многочисленных исследований, на динамическую устойчивость технологической системы влияют величины и сочетания параметров режимов резания. Передаточная функция разомкнутой динамической системы определяется по формуле [7]:

$$W(j\omega) = \frac{K_{yc} \cdot Kb}{(1 - T_1^2 \omega^2 + T_2 j\omega) \left(1 + \frac{m}{n} \cdot \frac{a_0 \xi_0}{V} j\omega\right)}, \quad (1)$$

где K_{yc} – динамическая податливость упругой системы; a_0 – заданная толщина срезаемого слоя; b – ширина срезаемого слоя; K – удельная сила резания; T_1 – инерционная постоянная времени; T_2 – постоянная времени демпфирования; ξ_0 – среднее значение усадки стружки; $\frac{m}{n} = 1 \dots 1,5$ – некоторый постоянный коэффициент; v – скорость резания.

Эта формула представляет собой основу для разработки математической модели, позволяющей вывести оптимальные режимы резания. Работа с этой моделью предполагает следующие этапы:

1. Формирование уравнений передаточной функции динамической системы с учётом эквивалентной упругой системы и системы резания (1).

2. Формирование системы уравнений для определения неизвестных коэффициентов, входящих в выражение передаточной функции (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{K_{yc} \cdot Kb}{(1 - T_1^2 \omega_1^2 + T_2 j\omega_1) \left(1 + \frac{m}{n} \cdot \frac{a_0 \xi_0}{V} j\omega_1\right)} = W_1 \\ \dots \\ \frac{K_{yc} \cdot Kb}{(1 - T_1^2 \omega_n^2 + T_2 j\omega_n) \left(1 + \frac{m}{n} \cdot \frac{a_0 \xi_0}{V} j\omega_n\right)} = W_n \end{array} \right., \quad (2)$$

где n – число неизвестных коэффициентов.

3. Экспериментальное определение амплитудно-фазовой частотной характеристики динамической системы – значений W_i (2).

4. Решая систему уравнений (2), например, численными методами, можно определить неизвестные коэффициенты.

5. Формирование математической модели для нахождения оптимальных режимов резания. В качестве основного критерия оптимизации принимается производительность. Обеспечение виброустойчивости будет являться ограничением для параметров режима резания. Это ограничение определяется из условия устойчивости системы по Найквисту, то есть годограф передаточной функции динамической системы не должен охватывать точку -1 на вещественной оси. Для гарантированного обеспечения виброустойчивости при резании необходимо задаться запасом устойчивости k . Тогда выражение, определяющее ограничение, с помощью которого учитывается динамическая устойчивость запишется в виде:

$$\frac{K_{yc} \cdot Kb}{(1 - T_1^2 \omega^2 + T_2 j \omega) \left(1 + \frac{m}{n} \cdot \frac{a_0 \xi_0}{V} j \omega\right)} \geq -k \cdot 1 \quad (3)$$

Кроме того, в качестве ограничений будут выступать диапазоны параметров режимов резания, задаваемые производителем инструмента.

6. Решая данную модель одним из методов оптимизации, можно вывести оптимальные режимы резания.

Предложенная методы подбора оптимальных режимов резания является экспериментально-аналитической. Выполнение эксперимента позволяет обеспечить достоверность для конкретных производственных условий. Расчётная часть позволяет быстро определить режимы резания с минимальным числом экспериментов. Возможность современных математических пакетов позволяют решить эту математическую модель в минимальное время. Таким образом, предлагаемая методика позволяет на стадии подготовки производства подобрать оптимальные режимы резания для обеспечения высокой производительности и минимальной себестоимости обработки.

Список литературы

1. Гречишников В.А., Петухов Ю.Е., Пивкин П.М., Романов В.Б., Рябов Е.А., Юрасов С.Ю., Юрасова О.И. Выбор шага смещения формообразующего контура при трохойдальном фрезеровании паза концевыми фрезами // СТИН. 2017. № 4. С. 21-23.

2. Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Сафарова Л.Р., Глинина Г.Ф. Планирование энергетических затрат в производственных заданиях обработки деталей на станках с ЧПУ // СТИН. 2017. № 4. С. 27-35.

3. Аникеева О.В. К построению системы оценок точности обработанных поверхностей // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6. С. 33-37.

4. Лаврентьева М.В., Говорков А.С. Идентификация объектов структуры электронной модели изделия с помощью выявленных формализованных параметров из конструкторско-технологической среды // Труды МАИ. 2017. № 96.

5. Актуальные вопросы математического моделирования: идеи. методы. решения: монография / Балабанов И.П., Симонова Л.А., Зиятдинов Р.Р., Романовский Э.А., Браун В.С., Заморский В.В. // Под редакцией Балабанова И.П. Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», -2016. 210 с.

6. Хусаинов Р.М., Авдеев И.В., Крестьянинов П.Н., Сафин Д.Д. Подбор оптимальных режимов резания при фрезеровании по показателям производительности и виброустойчивости // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2017» (МНТК «ИМТОМ-2017»). Ч. 1. – Казань, 2017. – с. 147-152.

7. Кудинов В.А. Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ КАТЕГОРИИ Б

Н.В. Шадрина, Л.Е. Мартемьянова, И.П. Шадрин, А.И. Дробина
*ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет имени
П.А. Столыпина*

Аннотация. Обосновывается рациональность использования капусты брокколи и перспективные направления применения комплексной пищевой добавки «Лакталин КР 4» (Lactaline KR 4) для создания мясных продуктов нового поколения. Проведены опытные выработки и комплексные исследования качества модельных рецептов мясных рубленых полуфабрикатов категории Б.

Ключевые слова: *мясной полуфабрикат, капуста брокколи, пищевая добавка «Лакталин КР 4», обсыпка декоративная, комбинированный продукт, растительное сырье.*

FORMULATION AND TECHNOLOGY OF MEAT CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS IN CATEGORY B

N.In. Shadrina, L.E. Martemyanova, I.P. Shadrin, A.I. Drobina
FSBEI Omsk state agrarian University named after P.A. Stolypin

Abstract. Justifies the rationality of broccoli and promising areas of application of complex food additive "Lactalis KR 4" (Lactaline KR 4) to create meat products of new generation. Research, development, and complex research of the model formulations of meat chopped semi-finished category B.

Keywords: *prefabricated meat, broccoli, food additive", Lactalis KR 4", coating decorative, combination product, plant raw material.*

Производство мясных полуфабрикатов представляет крупную специализированную отрасль, имеющую перспективную программу развития, как в нашей стране, так и за рубежом. В условиях современного образа жизни населения, его интенсивности, данная группа продукции становится наиболее востребованной [1].

Продукты питания, приготовленные из мяса, играют большую роль в питании человека, так как обладают высокой энергетической ценностью для организма. Среди мясного сырья, используемого для выработки мясных и мясосодержащих полуфабрикатов, раньше занимали говядина и свинина, но в настоящее время вдвое выросло потребление продукции из мяса птицы. В Российской Федерации, исходя из социологических исследований, на долю мяса кур приходится более трети от всего объема мяса, потребляемого в стране.

Увеличивающийся потребительский спрос на мясные полуфабрикаты стимулирует производителей к увеличению объемов производства и расширению ассортимента данной группы продукции.

Самыми популярными продуктами в России, по исследованиям социологов, являются мясные и мясосодержащие. Спрос на мясные рубленые изделия так же обусловлен экономической доступностью и восприятием

населения этого вида продукта как повседневного, который привыкли видеть каждый день на обеденном столе.

На сегодняшний день возросла необходимость увеличения производства мясных продуктов и полуфабрикатов для более полного удовлетворения потребностей населения, это является одной из важнейших задач, стоящих перед государством. Решение этой задачи требует комплексного и рационального подхода в использовании сырья, получаемого при убое скота и переработке мяса.

Многочисленные исследования, направленные на изучение проблем питания в России, показали острую необходимость создания функциональных продуктов питания, носителей микронутриентов, предназначенных для широкого круга населения [2].

В настоящее время разработаны и научно обоснованы рецептуры и технологии комбинированных мясных полуфабрикатов в различном термическом состоянии с использованием сырья животного и растительного происхождения. Производство комбинированных полуфабрикатов не только расширяет ассортимент выпускаемой продукции, но способствует рациональному использованию сырьевых ресурсов, обеспечению населения качественными продуктами питания [3, 4, 5, 6].

Совершенствование рецептур мясных продуктов посредством обогащения их растительным сырьем позволяет улучшить питание населения, сделать его более полноценным и рациональным.

В связи с этим представляет интерес исследования по использованию в качестве растительного сырья капусты брокколи в производстве мясных рубленых полуфабрикатов.

Брокколи нередко называют королевой капусты. Эта, известная со времен Древнего Рима, однолетняя культура, которая славится своими многочисленными полезными свойствами. Брокколи является подвидом цветной капусты, отличаясь от нее по внешним и вкусовым признакам. Полезные свойства этого овоща обусловлены его уникальным химическим составом. Основную часть занимают белки, углеводы и клетчатка совсем немного жиры. Содержание белка в капусте брокколи в случае пересчета на 100 ккал превышает аналогичное содержание белка в говяжьем мясе. В её составе обнаружены витамины группы В, витамин Е, А, РР, К, U, С, много и бета-каротина – гораздо больше, чем в других овощных культурах (даже моркови).

В составе этого растения есть и хлорофилл, благотворно влияющий на кровь, и незаменимые аминокислоты, которые в большом количестве содержатся только в говяжьем мясе. По содержанию большинства незаменимых аминокислот в белке брокколи не уступает говядине, а по наличию изолейцина, лизина и триптофана — белку куриного яйца. Среди аминокислот есть и соединение, которое способствует выработке «гормона счастья» — эндорфина. Из макро- и микроэлементов можно назвать калий, магний, кальций, натрий, железо, фосфор, цинк, марганец, медь, кобальт, йод и селен. Брокколи не содержит холестерина, напротив, в её составе есть

вещества, которые препятствуют накоплению холестерина в организме и его выведению – холин и метионин.

В связи с вышеизложенным разработка технологии производства мясных рубленых полуфабрикатов с растительными добавками является действующим направлением, стоящим на повестке дня каждого производителя.

Целью настоящей работы является изучение возможности применения капусты брокколи и комплексной пищевой добавки «Лакталин КП 4» в производстве мясных рубленых полуфабрикатов категории Б.

На кафедре продуктов питания и пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО Омский ГАУ были проведены экспериментальные предварительные проработки различных композиционных рецептур, планируемых видов мясных котлет с капустой брокколи, отличающихся соотношением отдельных компонентов. Чтобы стабилизировать качество мясных продуктов, сохранить их свежесть и предотвратить микробную порчу предлагаем, использовать комплексную пищевую добавку «Лакталин КП 4».

Для выработки мясных рубленых полуфабрикатов категории Б – котлеты «Домашние» применяли следующее сырье и материалы:

- говядина жилованная односортовая или первого сорта - ГОСТ52601;
- свинина жилованная жирная - ГОСТ 52986;
- мясо кур - ГОСТ 31962;
- лук репчатый свежий – ГОСТ 1723;
- пряная зелень - ГОСТ 16732;
- капуста брокколи - ГОСТ 33854-2016;
- комплексная пищевая добавка «Лакталин КП 4» - 77.99.11.9.У.247.7.04 (номер свидетельства).
- чеснок – ГОСТ 7977;
- соль, поваренная пищевая – ГОСТ 13830 – 91;
- перец черный и белый - ГОСТ 29050-91;
- обсыпка декоративная «Нежность» РФ СанСиН 2.2.2.1293.

Выбранные объекты исследований были приняты в соответствии с нормативной документацией, как белоксодержащее сырье животного и растительного происхождения.

В процессе исследования были изготовлены четыре образца. Контрольный образец (без добавки), а также три образца с добавкой капусты брокколи и комплексной пищевой добавки «Лакталин КП 4» в разных соотношениях.

На основании результатов проведенных исследований с помощью компьютерного моделирования установили оптимальные ингредиенты соотношения и получили рецептуру продукта, соответствующую требованиям, предъявляемым, к данной ассортиментной группе мясных рубленых полуфабрикатов категории Б.

В ходе исследований часть основного сырья была заменена на капусту брокколи (5, 10, 15%). Анализ результатов предварительных экспериментов позволил предположить наиболее рациональным вариантом рецептуры для разрабатываемых мясных котлет «Домашние» вариант, где содержание мясного

сырья составляет 75%, растительного сырья – капусты брокколи 15% и комплексной пищевой добавки «Лакталин КП 4» - 0,2%.

Проведены комплексные исследования качества модельных рецептов мясных рубленых полуфабрикатов категории Б (рис.1) по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям; изучено влияние капусты брокколи и комплексной пищевой добавки «Лакталин КП 4» на пищевую и биологическую ценность разрабатываемых котлет «Домашние».

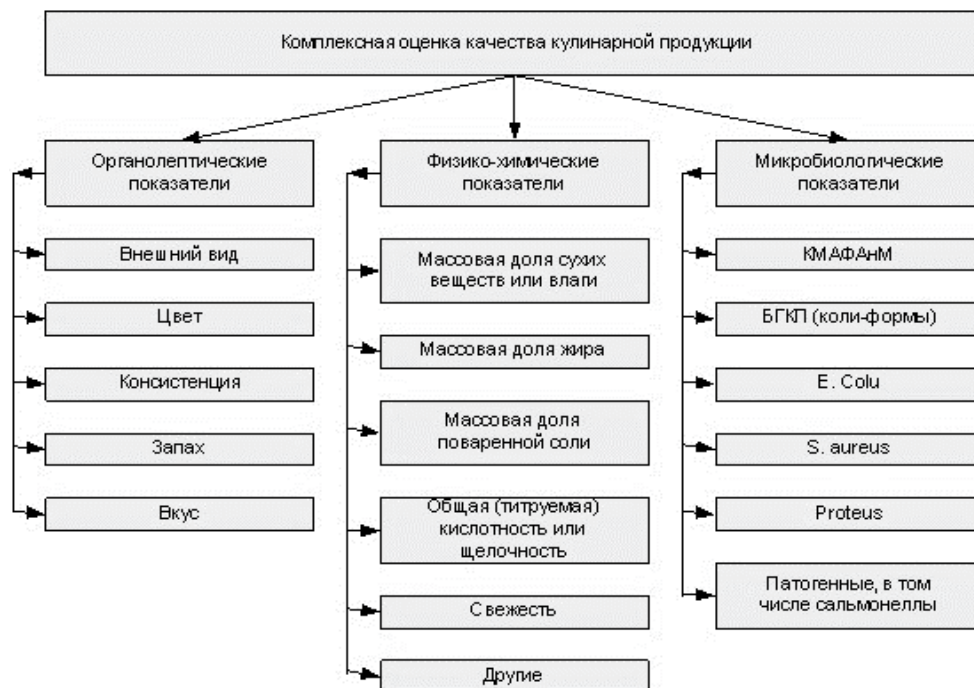


Рис. 1. Комплексная оценка качества мясных рубленых полуфабрикатов

Исследование органолептических показателей проводилось у образцов, подвергнутых тепловой обработке сразу после приготовления, а также после хранения в течение 36 суток при температуре -18 °С.

Результаты исследований, свидетельствуют о том, что практически все опытные образцы, получили достаточно высокие оценки по таким органолептическим показателям, как цвет, запах и вкус готовых продуктов по сравнению с традиционными аналогами. Наиболее приемлемой, с точки зрения потребительских свойств комбинированного мясного продукта, по пищевой и биологической ценности, структурно-механическим и органолептическим показателям, а также экономической эффективности образец № 3 имел некоторое преимущество по сравнению с контрольным по таким позициям, как консистенция, сочность, которые несколько превышают его значения.

Введение в рецептуру 15% растительного сырья приводит к перераспределению в фарше массовых долей основных макропитательных веществ: незначительному увеличению массовых долей белка, углеводов и снижению содержания жира во всех образцах к естественному перераспределению количества питательных веществ. Дальнейшее повышение процентного содержания растительного сырья не целесообразно, так как

приводит к нарушению белково-жирового и водного баланса, ухудшению структурообразования при тепловой обработке.

По органолептическим и физико-химическим показателям разработанные мясные рубленые полуфабрикаты категории Б соответствуют требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1

Органолептические и физико-химические показатели мясных рубленых полуфабрикатов группы Б – котлеты «Домашние»

Наименование показателей	Характеристика
Внешний вид	Измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и плёнок, равномерно перемешана
Вид на разрезе:	Фарш хорошо перемешан, масса однородная, с равномерными вкраплениями цветовой гаммы декоративной смеси «Нежность».
Цвет, запах, вкус	Свойственный одноименным блюдам, приготовленным обычным кулинарным способом Ароматный букет приправы «Нежность» и жареного мяса, без посторонних привкуса и запаха
Массовая доля, %	
белка, не менее	12,0
жира, не более	35,0
хлористого натрия, не более	1,8
Температура полуфабриката, 0С	
для охлаждённых полуфабрикатов	от минус 1,5 до 6 включительно
для замороженных полуфабрикатов	не выше минус 8

Заморозка и хранение опытных образцов не повлияли на органолептические свойства продукта.

Сравнивая контрольный образец и опытные образцы с разным соотношением добавки, было выявлено, что разработанный продукт имеет повышенное значение, по сравнению с контролем по следующим элементам Р, Mg, Са, К.

Декоративная обсыпка «Нежность» имеет смесь перцев, паприки, овощей, трав, что обуславливает яркость красных, желтых и зеленых оттенков, обладает не только ароматическими свойствами, но и при нарезке приготовленные полуфабрикаты приобретают красивый узор. Использование декоративных смесей превращают полученную продукцию – мясные котлеты «Домашние» в изысканные блюда премиум–класса.

В результате микробиологических исследований выявлено, что по регламентируемым показателям все образцы разрабатываемого мясного рубленого полуфабриката категории Б – котлеты «Домашние» соответствуют требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01.

Проведена промышленная апробация в условиях ООО «Деликатесы Сибири». Мясные котлеты «Домашние», объединяющие в своем составе разные

виды сырья животного и растительного происхождения, обогащенные витаминами и минеральными веществами, способствуют образованию стабильных легкоусвояемых комплексов, связыванию и выведению холестерина, улучшают процесс пищеварения, расширяя при этом ассортиментный перечень выпускаемой продукции.

Заключение: В ходе эксперимента была разработана рецептура и технология мясного рубленого полуфабриката категории Б – котлеты «Домашние» с добавлением капусты брокколи и комплексной пищевой добавки «Лакталин КП 4».

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования растительного сырья (капуста брокколи) и комплексной пищевой добавки «Лакталин КП 4» в производстве мясных рубленых полуфабрикатов функциональной направленности.

Растительные компоненты повышают биологическую и пищевую ценность мясных рубленых полуфабрикатов, обладают хорошей усвояемостью, а также расширяют ассортимент аналогичных мясных продуктов и дают возможность их круглогодичного производства с использованием доступных овощных культур.

Использование пищевой добавки «Лакталин КП 4» сдерживает рост микроорганизмов в процессе сохранения готовых полуфабрикатов, предотвращает окислительную порчу жира, препятствует появлению «старого» привкуса, продлевает сроки пригодности, усиливает и стабилизирует их цвет.

На основе анализа полученного экспериментального материала и промышленной апробации на предприятии ООО «Деликатесы Сибири» рекомендована к внедрению технология производства функциональных мясных рубленых полуфабрикатов категории Б – котлеты «Домашние» с применением капусты брокколи и комплексной пищевой добавки «Лакталин КП 4». При этом гарантируется выпуск продукции высокого качества, приемлемой себестоимости и возможности внедрения в условиях, как малых, так и крупных предприятий мясоперерабатывающей отрасли.

Список литературы

1. Портал о животноводстве, мясе и переработке для профессионалов [Электронный ресурс]. URL <http://www.myaso-portal.ru/>. (Дата обращения: 17.09.2015);

2. Рязанова, К. С. Полуфабрикаты мясные рубленые с начинками / К. С. Рязанова // Сборник материалов конференции «Молодежь. Наука. Будущее-2014», 2014. — С. 66.

3. Барышникова, Н. И. Функциональное питание-элемент здоровья человека/ Н. И. Барышникова, А. В. Паймулина // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы конференции. — 2014. — С. 242–244.

4. Зайцева, Т. Н. Обогащение мясных рубленых полуфабрикатов растительными компонентами / Т. Н. Зайцева, В. Ф. Рябова, Т. И. Курочкина // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное

обеспечение: Материалы Международной конференции. — Воронеж, 2014. — С. 414–417.

5. Мартемьянова, Л.Е. Свойства растительных белковых препаратов отечественного производства в мясных системах //Вестник Алтайской науки. 2015. № 1.(23). С. 434-4366.

6. Пат. 2561530 Российская Федерация, – № 2014115139; Способ приготовления мясных рубленых полуфабрикатов / Л.Е. Мартемьянова, И.А. Кочеткова, В.А. Вишняков. -заявл. 15.04.2014; зарег.03.08.2015г.

К ВОПРОСУ О МАШИННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ОТЛИВОК В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ИЗЛОЖНИЦЫ

Е.В. Широков, Т.А. Цыганкова, М.А. Седешев, Д.А. Симушов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. Использование технологии сложного движения изложницы при изготовлении центробежных отливок может преследовать различные цели. Это может быть [1-3] получение отливок с внутренней поверхностью сферической или более сложной эллипсоидной конфигурации в виде изолированной или открытой полости. Сложное движение изложницы можно использовать для обеспечения принудительного заполнения сложнопрофильной рабочей полости при получении художественных отливок по технологии литья по выплавляемым моделям [1-3]. При этом сложное силовое центробежное поле оказывает специфическое воздействие на структурное формирование тела отливки [1-3].

Ключевые слова: *центробежный способ литья, способы получения центробежных отливок, особенности формирования свойств отливок, формирование внутренней поверхности отливки, эллипсоидная конфигурация внутренней поверхности отливки, сложное вращение изложницы вокруг ортогональных осей, сложное движение формы по заданной траектории, получение внутренней изолированной полости в отливке.*

TO THE QUESTION OF MACHINE ENSURING TECHNOLOGICAL PROCESS OF RECEIVING CENTRIFUGAL CASTINGS IN THE CONDITIONS OF THE DIFFICULT MOVEMENT OF THE MOULD

E.V. Shirokov, T.A. Tsygankova, M.A. Sedeshev, D.A. Simushov

Altai state technical university of I.I. Polzunov

Abstract. Use of technology of the difficult movement of a mold at production of centrifugal castings can pursue various aims. It can be receiving castings with an internal surface of spherical or more difficult ellipsoidal configuration in the form of the isolated or open cavity. The difficult movement of a mold can be used for ensuring compulsory filling of a figurine working cavity when receiving art castings on technology of casting for the melted models. At the same time the difficult force centrifugal field makes specific impact on structural formation of a body of casting.

Keywords: *a centrifugal way of casting, ways of receiving centrifugal castings, features of formation of properties of castings, formation of an internal surface of casting, an ellipsoidal configuration of an internal surface of casting, difficult rotation of a mold around orthogonal axes, the difficult movement of a form on the set trajectory, receiving the internal isolated cavity in casting.*

Для реализации таких, достаточно оригинальных технологий, нами разработаны экспериментальные установки, на которых отрабатываются технологические параметры процессов и изучаются причинно-следственные связи между ними.

Одним из направлений развития технологии центробежного литья, в котором преследуется цель получения внутренней поверхности новой конфигурации, стала разработка технологии сложного вращения изложницы [1-3]. Данная технология позволяет получать внутренние поверхности эллипсоидной конфигурации (рисунок 1).

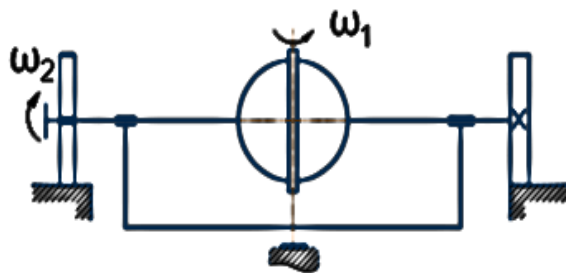


Рисунок 1 - Схематичное изображение установки, обеспечивающей сложное вращение изложницы

Реализация технологии осуществлялась на лабораторной установке (рисунок 2).

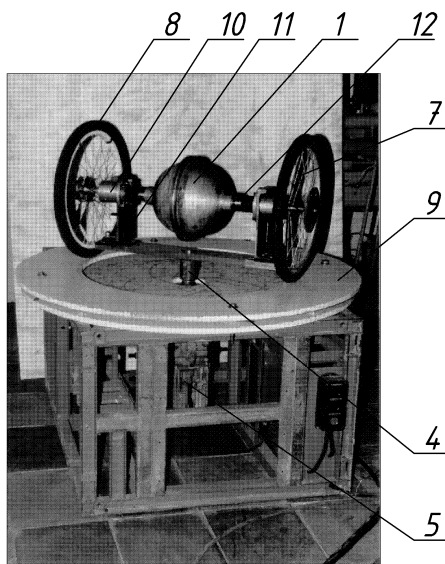


Рисунок 2 - Лабораторная установка, обеспечивающая сложное вращение изложницы

Установка содержит форму 1, связанную с механизмом одновременного её вращения вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Механизм вращения включает вертикальный вал с приводом от электродвигателя 5 и горизонтальный вал с размещённой на нём формой. Горизонтальный вал

выполнен из двух соосных частей и снабжён двумя колёсами 7 и 8. Оба колеса находятся во фрикционном зацеплении с неподвижной беговой дорожкой 9 передаточного механизма. Вращающееся колесо 7 жестко закреплено на горизонтальном валу, а колесо 8 установлено на валу свободно и выполняет уравнивающую функцию. Механизм одновременного вращения изложницы снабжён вращающимися подшипниковыми узлами 10, расположенными симметрично на горизонтальном валу и связанными с поворотной рамкой 11, которая в свою очередь соединена с вертикальным валом 4 двигателя. На соосных частях горизонтального вала закреплены элементы 12 фиксирующие форму в области пересечения осей вращения внутри поворотной рамки. Форма зафиксирована внутри механизма одновременного вращения и в собранном состоянии представляет с собой единое целое. Угловая скорость вращения формы вокруг вертикальной оси регулируется скоростью электродвигателя, а угловая скорость формы вокруг горизонтальной оси зависит от скорости электродвигателя и величины передаточного отношения фрикционного зацепления.

Геометрическое многообразие внутренних поверхностей в рамках эллипсоидной конфигурации может изменяться от вытянутого эллипсоида вращения до сфероида и в тоже время можно сохранить постоянство заданных геометрических параметров внутренней поверхности отливки даже при изменении интенсивности действия силового центробежного поля.

Технология одновременного вращения изложницы вокруг двух осей (технология сложного вращения) предполагает некоторое разнообразие в технологических схемах. Если используется схема, в которой изложница вращается в области пересечения осей вращения с формированием поверхности эллипсоидной конфигурации, то эту поверхность можно сформировать в виде открытой или изолированной полости. Если применить технологическую схему (рисунок 3), в которой изложница занимает периферийное положение относительно одной из осей, то такая технология используется для принудительного заполнения рабочей полости формы и улучшения питания отливки [1-3].

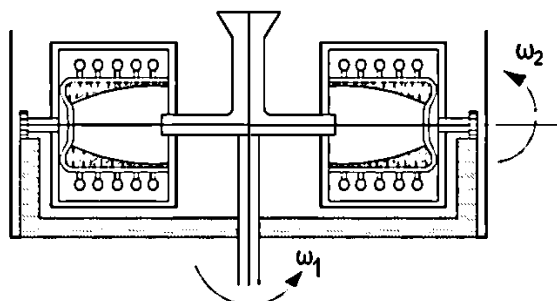


Рисунок 3 - Схематичное изображение установки, обеспечивающей периферийное сложное вращение

Проверку работоспособности технологии периферийного вращения формы проводили на специализированной лабораторной установке (рисунок 4).

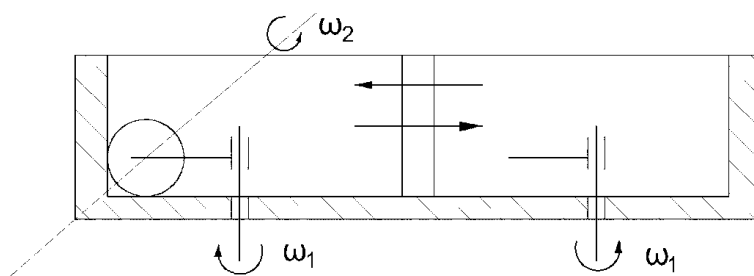


Рисунок 5 - Схематичное изображение установки, обеспечивающей сложное движение изложницы

Разработана такая технология для получения мелких отливок с внутренней поверхностью в виде изолированной полости [1-3]. Особенность данной технологии заключается в том, что вынужденное движение изложницы представляет собой одновременное поступательное движение по заданной траектории и вращательное вокруг наклонной оси.

Формирование изолированной полости происходит под одновременным воздействием на жидкий металл двух процессов: гидравлического процесса и процесса затвердевания.

Для осуществления процесса формирования отливки в условиях сложного движения сферической изложницы при её качении по заданной траектории изготовлена лабораторная установка (рисунок 6), основными узлами которой являются:

- опорная рама 1;
- рабочее пространство 2, в котором осуществляется движение изложницы;
- толкатели 3, задающие движение изложницы;
- привод толкателей 4.

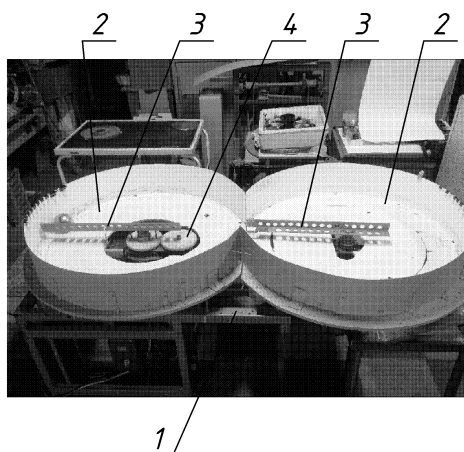


Рисунок 6 - Лабораторная установка, обеспечивающая сложное движение изложницы

Рабочее пространство установки, смонтированное на опорной раме, состоит из двух смежных чашеподобных конструкций, в центральных частях

которых имеются два отверстия для выведения приводных валов, обеспечивающих вращение обоих толкателей. Вращение толкателей происходит с одинаковой скоростью, но разнонаправленно. Такое вращение организовано за счет использования цепной и зубчатой передач. Днище и вертикальные стенки смежных частей рабочего пространства представляют собой горизонтальные и вертикальные беговые дорожки, по которым происходит качение изложницы. Расчетная длина толкателей обеспечивает толкание изложницы в плоскостях, проходящих через ее геометрический центр. Для уменьшения трения между изложницей и толкателями на конце толкателей в местах их касания с изложницей установлены подшипники качения.

Рабочий процесс начинается с размещения сферической изложницы, заполненной расплавом, в любой части рабочего пространства установки. Под воздействием толкателя изложница катится одновременно по двум ортогональным поверхностям. Её движение характеризуется как сложное движение, состоящее одновременно из поступательного и вращательного движений. При этом на изложницу действуют силы:

- сила веса самой изложницы, которая прижимает ее к горизонтальной беговой дорожке;
- центробежная сила, прижимающая изложницу к вертикальной беговой дорожке.

Когда изложница в своем движении попадает в зону сопряжения обеих частей рабочего пространства, она под действием центробежной силы перемещается из одной части установки в другую и некоторое время движется в этой другой части по инерции. Здесь движение изложницы по инерции продолжается до тех пор, пока её не догонит другой толкатель и обеспечит аналогичное движение.

Циклическое сложное движение сферической изложницы в рабочем пространстве установки продолжается в течение времени необходимого для затвердевания отливки.

Разновидностью установок, обеспечивающих качение сферических изложниц по заданным траекториям, является установка качения изложницы по меняющейся траектории (рисунок 7), узлами которой являются:

1. Корпус установки;
2. Крышка установки;
3. Толкатель;
4. Изложница;
5. Точка фрикционного зацепления изложницы со стенкой корпуса.

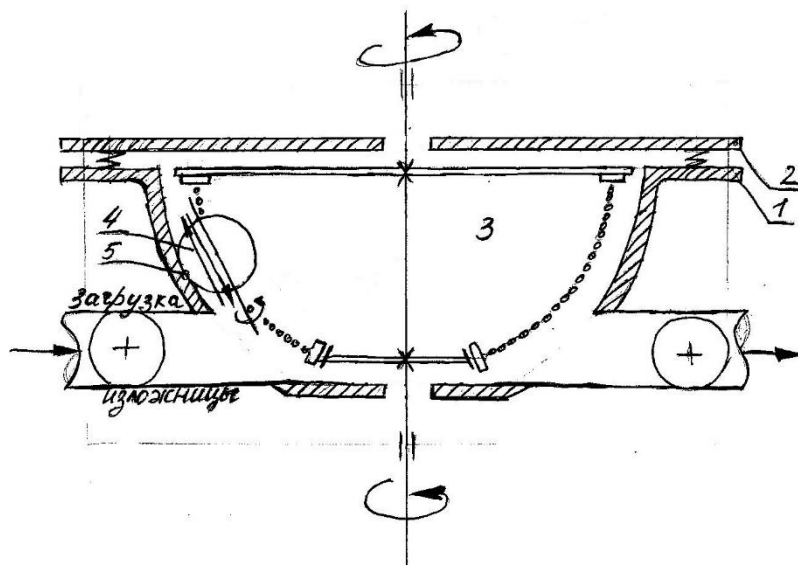


Рисунок 7 – Схема лабораторной установки сложного движения сферической изложницы с изменяющейся длиной толкателя

Рабочее пространство установки заключено внутри чашеобразного корпуса 1, кривизна рабочей поверхности которого определяется в зависимости от соотношения таких технологических параметров как: угловые скорости вращения толкателя и изложницы; диапазон размеров рабочей длины толкателя; размеров вращающегося внутри изложницы слоя расплава; массы изложницы, залитой расплавом. В корпусе установки предусмотрены технологические отверстия для загрузки сферической изложницы перед формированием отливки и ее выгрузки.

Сложное движение изложницы задается вращающимися толкателями 3 специальной конфигурацией, рабочая кромка которого повторяет конфигурацию рабочей поверхности корпуса. При этом, где бы ни находилась изложница в рабочем пространстве корпуса установки, его толкающее усилие всегда приходится на уровне геометрического центра изложницы от рабочей поверхности. Толкатель крепится на вертикальном валу, вращение которого обеспечивается двигателем постоянного тока через соответствующую (необходимую) кинематическую цепочку.

Крышка 2 установки ограничивает вертикальное перемещение изложницы в ее движении в рабочем пространстве установки и обеспечивает безопасную работу.

Загрузка сферической изложницы, залитой расплавом, происходит в рабочее пространство установки через загрузочное отверстие, открывающееся и закрывающееся специальной задвижкой. Поступившая в рабочее пространство установки изложница под действием вращающегося толкателя начинает катиться по рабочей поверхности корпуса установки. С увеличением скорости вращения толкателя изложница продолжая катиться, движется по винтовой траектории, перемещаясь вверх по вертикали. При этом ее скорость увеличивается, достигая максимально допустимой. В процессе такого сложного движения происходит постоянное изменение положения точки фрикционного

зацепления изложницы с рабочей поверхностью корпуса установки. В этих условиях, при достаточной угловой скорости вращающейся изложницы внутри нее формируется отливка, внутренняя поверхность которой принимает конфигурацию изолированной полости. По завершении формирования отливки изложница под действием центробежной силы удаляется из рабочего пространства установки через разгрузочное отверстие.

Список литературы

1. Широков Е.В. К вопросу о получении центробежных отливок в условиях сложного вращения литейной формы/Широков Е.В., Нешатаев В.В., Стрижко Т.А./Ползуновский вестник.-2017.-№4.-с.170-175;

2. Пат. 2162389 Российская Федерация МПК⁷ В22Д13/00. Способ изготовления изделий с изолированной полостью и устройство для его осуществления/Широков Е. В., заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет и. И. Ползунова – 98123638/02.,заявл. 24.12.1998.: опубл. 27.01.2001., Бюл. №3.-5с.:ил.;

3. Широков Е. В. Особенности получения центробежных отливок с изолированной полостью/ Широков Е.В.// перспективные материалы, технологии, конструкции: сб. науч. Тр./Под ред. Проф. В. В. Стацурь. – Вып.4.- Красноярск: САА.-1998. С.572-573.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОДУЛЯ ПОЛЗУЧЕСТИ ПОЛИМЕРА ПРОПИЛЕНА, АРМИРОВАННОГО РАЗЛИЧНЫМИ КОМПОЗИТАМИ, ОТ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ

К.С. Ширинян, И.Р. Антибас

Донской государственной технической университет

Аннотация. Актуальность данной статьи заключается в проведённых исследованиях, направленных на изучение таких важных свойств композита, как модуль ползучести материала. В статье рассматриваются определение механических характеристик отдельных композитных материалов, на основе полипропилена. Главная цель данной работы, выявить численные зависимости модуля ползучести полимера, армированного короткими волокнами и ориентированными хаотичным образом, от времени при его исследовании на изгиб, проведение анализа построенных графиков и формулировка обобщённого вывода по теме исследования.

Ключевые слова: *модуль ползучести, полипропилен, короткое волокно, армирование, упорядоченные, хаотичные.*

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF PROPYLENE POLYMER REINFORCED WITH VARIOUS COMPOSITES ON THE TIME FACTOR

K.S. Shirinyan, I.R. Antypas

Don state technical University

Abstract. The relevance of this article lies in the research aimed at the study of such important properties of the composite as the creep modulus of the material. The article deals with the definition of the mechanical characteristics of individual composite materials based on polypropylene. The main purpose of this work is to reveal the numerical dependences of the creep

modulus of a polymer reinforced with short fibers oriented and chaotic manner on the time of its study on the bend, the analysis of the graphs and the generalized formulation of the conclusion on the research topic.

Keyword: creep modulus, polypropylene, short fiber, reinforcement, ordered, chaotic.

Введение: Полимерные материалы всё чаще находят применение для изготовления различных конструкций во многих областях народного хозяйства. В связи с этим, их изучению в последнее время стало уделяться повышенное внимание из-за специфических свойств. Особый интерес исследователей был направлен на определение механических характеристик отдельных композитных материалов, нашедших более широкое применение, а именно полимерных материалов на основе полипропилена [1]. Метод конечных элементов был модифицирован под решение задач теории упругости для изучения двух условий линейного и нелинейного поведения вязкоупругой ползучести твердых стеклообразных полимеров посредством изменения свойств материала в каждом временном шаге [2].

Цель работы: выявление численных зависимостей модуля ползучести полимера, армированного короткими волокнами и ориентированных случайным образом, от времени при его исследовании на изгиб.

1. Определение вязкоупругих характеристик композитных материалов

Общие предположения настоящей работы можно сформулировать следующим образом:

- 1 - Полимерные образцы считаются изотропными.
- 2 - Поведение концентрации восстановления учтено не было.
- 3 - Давление на концах волокон было проигнорировано.
- 4 - Настоящая работа была связана с линейным вязкоупругим поведением полимера и ПМК, не приводящего к необратимым деформациям.
- 5 - Связь между волокном и матрицей является совершенной.

В данной работе для представления о вязкоупругом поведении полимерной модели из полипропилена использовались три параметра. Откликами этой модели являются как начальная упругость, так и понижение скорости деформации ползучести, которые полностью представляют реакцию [3]. Модуль этой модели зависит от времени и имеет три константы (E_1 , E_2 , μ_2). Эти константы были определены по экспериментальной кривой полипропилена при постоянном напряжении 8,3 МПа и температуре 20С° [4]: $E_1 = 1,7$ ГПа, $E_2 = 0,23$ ГПа и $\mu_2 = 2,9 \times 10^{-16}$ Па, при которых выполняются следующие равенства:

$$J(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma_p} = \frac{1}{E} + \frac{1}{E_2} (1 - e^{-t/t_r}), \quad (1)$$

$$E(t) = \frac{1}{J(t)} = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2 - E_1 e^{-t/t_r}}, \quad (2)$$

где $t_r = \mu_2 / E_2$.

Вязкоупругие характеристики композитных материалов возникают, как правило, из-за вязкоупругих свойств материала матрицы [5], поэтому важно

оценить модуль ползучести полимер-матрицы при изгибе. Данные исследования были проведены в соответствии с ASTM D790 на образцах с длиной $L = 130$ мм; глубиной $H = 8,125$ мм; шириной $B = 6,4$ мм; и $L / ч = 16$. Все использованные предположения согласуются с простой теорией изгиба при испытании образцов на изгиб. Сечение пучка считается однородным и симметричным относительно плоскости нагружения – (x-y). Также будет использоваться упрощающее предположение, что поперечные силы не вносят значительный вклад в общую деформацию [5]. Линейное вязкоупругое отклонение балки зависит от времени и при длительно действующей нагрузке может быть определено по следующей формуле [3]:

$$\varepsilon_p(x,t) = -\frac{M(x)y}{I} \cdot \frac{\delta(x,t)}{\delta_{e1}(x)E_b}, \quad (3)$$

где $I = bh^3/12$ - момент инерции, E_b - модуль упругости при изгибе, который является постоянным свойством материала, $M(x) = Px/2$ и прогиб – x :

$$\delta_{e1}(x) = \frac{P_x}{12E_b I} \left(x^2 - \frac{3}{4}L^2\right) \quad 0 \leq x \leq \frac{L}{2}, \quad (4)$$

где $\delta(x, t)$ является вязкоупругим отклонением луча, который может быть определен из анализа результатов расчётов методом конечных элементов. Тогда, модуль упругости полимера при изгибе зависит от времени и может быть определен по формуле:

$$E_p(t) = \frac{1}{J_p(t)}. \quad (5)$$

Каждое значение деформации $\varepsilon(x, t)$ в положении x и времени t должно быть проверено в связи с пределом линейного вязкоупругого поведения композитного материала, где напряжение должно быть меньше, чем 0,5%.

Изгибная Creep - оценка РМС:

1- выравниванием коротких волокон РМС

При оценке изгибной ползучести образцов, выполненных из композитного материала с выровненными короткими волокнами, было замечено, что при их нагружении в слое доминировали напряжения, действующие в продольном направлении, а на модуль упругости полимера $E_p(t)$ существенное влияние оказывало также и время. Механический отклик можно предсказать в соответствии с двумя следующими подходами:

2- Случайно распределённое короткое композитное волокно

Применяя подход Halpin-Tsai [6], модуль упругости композитного материала РМС, модифицированного случайно распределёнными в нём короткими волокнами и зависящий от времени, может быть определён следующим образом:

$$E_{C_r}(t) = \frac{3}{8}E_{CL}(t) + \frac{5}{8}E_{CT}(t). \quad (6)$$

Моделирование методом конечных элементов для исследований образцов опертой балки на изгиб, было проведено с помощью дискретизации одномерных линейных элементов с двумя узлами и одной степенью свободы

для каждого узла. В силу симметричности, вполне достаточно было проанализировать лишь половину длины балки (65 мм). Сетка конечных элементов показана на рисунке 1. Граничные условия:

a. At $x = 0$ and at $x = L$, $\delta_{e1} = 0$, $\delta(x, t) = 0$, $M = 0$.

b. At $x = L/2$, $\delta_{e1}(x) = \max.$, $\delta(x, t) = \max.$, and $M = \max imum$.

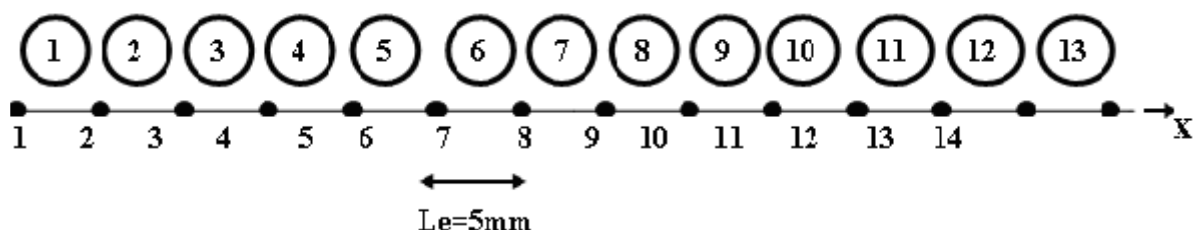


Рис.1 - Сетка конечных элементов для образцов, подвергаемых изгибу

Результаты и обсуждение:

Специальная квазистатическая компьютерная программа с использованием метода конечных элементов была разработана для того, чтобы решить проблему изгиба полимера и всего композитного материала, армированного короткими волокнами, посредством области линейной вязкоупругости [8,9]. Был рассмотрен период времени в интервале 1-10⁹ секунд. Максимальные и минимальные значения специфических свойств были получены при $t = 10^9$ секунд. Значения механических свойств, которые превышают линейный вязкоупругий предел более $\varepsilon > 0,5$ %, будут снижены до нуля из-за настоящего исследования, которое ограничено линейным вязкоупругим поведением [10,11]. Значения линейных вязкоупругих пределов были найдены в узле 14 [12,13]. Были получены следующие данные:

$V_f = 0,2$; $a = 40$; $d = 14$ мк; $E_f = 70$ ГПа; $E_b = 1,4$ ГПа; $\nu_p = 0,3$ и $P = 250$ Н.

Среер - изгиб полипропилена

Рисунок 2 отражает временную зависимость изгибной деформации полипропиленовых образцов в соответствии с уравнением (3). Напряжение со временем увеличивается, начиная от узла 2 к узлу 14. Максимальное напряжение узла 13 составляет $4,5 \times 10^{-3}$ ГПа.

Рисунок 3 отражает зависимость модуля упругости при изгибе полимера полипропилена от эффекта времени вследствие формулы (5). Модуль упругости при изгибе со временем уменьшался от узла 2 к узлу 14. Минимальный модуль упругости для узла 13 составил 25 ГПа.

- модуль ползучести композита со случайно рассеянными короткими волокнами:

Рисунок 5 отражает эффект времени на модуль ползучести полипропилена, армированного случайно распределённым коротким E-стекловолокном, при изгибе, полученного с помощью уравнения Halpin-T_{sai} (6). Модуль ползучести получился равным 25 ГПа.

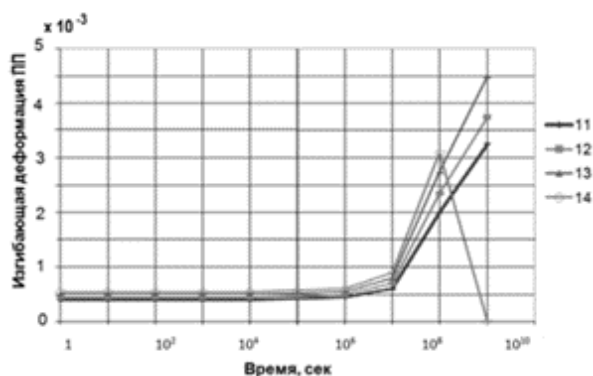


Рис.2. Зависимость изгибной деформации от времени для ПП по (3) уравнению.

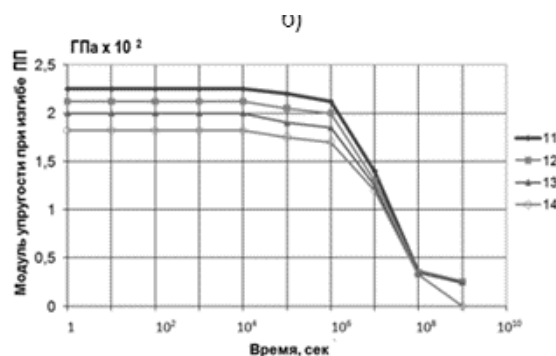


Рис.3. Зависимость модуля упругости от времени для ПП по (5) уравнению.

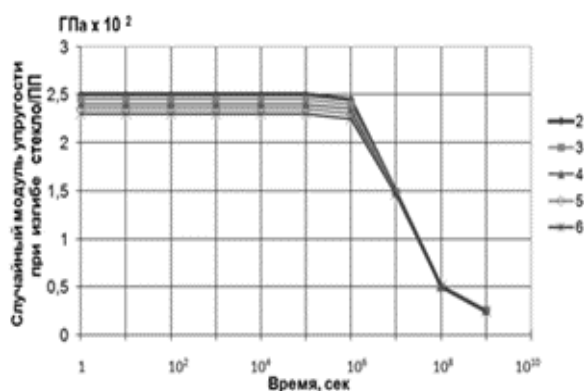


Рис.5. Зависимость модуля упругости от времени при изгибе для случайно распределённого короткого Е-стекла в ПП (Halpin-Tsai экв.)

Выводы

1 - В период 1-10⁶ секунд для модуля упругости в кривых изгиба существует постоянство.

2 - Можно заметить, что при использовании более широкого диапазона времени на кривых модуля ползучести можно выделить три области. Эти области являются стекловидными, вязкоупругими и эластичными.

3 - Механические свойства полимера и РМС, которые были получены при изгибе и оценки модулей ползучести, зависящие от времени, идентичны и демонстрируют типичное поведение. Такое поведение отражает успех теоретического анализа, применяемого в данной работе.

4 - Армированием полимера полипропилена коротким Е-стекловолокном в двух его формах, выровненных случайным образом, улучшает модуль ползучести в соответствии с уравнением Halpin-T_{sai}.

5 - Уравнение Halpin-T_{sai} в теоретическом предсказании механических свойств композитного материала, армированного короткими волокнами, является более точным, чем правило модифицированных смесей.

Список литературы

1. Kharmanda G. System reliability-based design optimization using optimum safety factor with application to multi failure fatigue analysis / G. Kharmanda, I.R. Antypas // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сборник статей 10-й Международной юбилейной научно-практической конференции в рамках 20-й Международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2017". 2017. С. 177-179.
2. Kharmanda G. Integration of reliability and optimization concepts into composite yarns / G. Kharmanda, I.R. Antypas // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сборник статей 10-й Международной юбилейной научно-практической конференции в рамках 20-й Международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2017". 2017. С. 174-176.
3. Popov, E. P. Introduction to Mechanics of Solids. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA, (1968).
4. Resen A. S. Linear and Nonlinear Creep Analysis of Solid Polymers Using Finite Element Method / A.S. Resen, Q.T. Alhadithi // Journal of Engineering Technology- 2000 - Vol. 20, No. 5. University of Basrah Department of Mechanical Engineering.
5. Lardner, T. J. An Introduction to The Mechanics of Solids. Kosaido Printing Co. LTD., Tokyo, Japan, Second Edition, (1978).
6. Eichhorns, S. J. Current International Research into Cellulosic Fibers and Composites. University of Manchester, Kluwer Academic Publishers, UK, Journal of Materials Science – 2001 - Vol. 36, pp. 2107-2131.
7. Segerlind L.J. Applied Finite Element Analysis. John Wiley & Sons, Inc., USA, Second Edition, 1984.
8. Антибас И.Р. Изготовление теплоизоляционного материала и изучение его теплофизических и механических свойств / И.Р. Антибас А.Г. Дьяченко // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сборник статей 10-й Международной юбилейной научно-практической конференции в рамках 20-й Международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2017". 2017. С. 182-183.
9. Антибас И.Р. Влияние содержания древесного дисперсного наполнителя на долговечность композиционных материалов / И.Р. Антибас, А.Г. Дьяченко // Вестник Донского государственного технического университета -2017- Т. 17. № 1 (88). С. 67-74.
10. Haydar A.H. Estimation of Flexural Creep Modulus of Short Fiber Reinforced Polymeric Composite Materials Using (FEM) / A.H. Haydar, A. Qaiser // The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering- 2009 - Vol.9, No.1, P. 90-100.
11. Антибас И.Р. Моделирование, изучение и изготовление стойки культиватора из композитных материалов / И.Р. Антибас А.Г. Дьяченко // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. № 3. С. 366-378.
12. Антибас И.Р. Сравнение амортизирующих свойств гофрированной картонной упаковки разной структуры при действии вертикальной нагрузки /

И.Р. Антибас, С.А. Партко// В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сборник статей 8-й международной научно-практической конференции в рамках 18-й международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2015". 2015. С. 232-235.

13. Харманда М.Г. Надежность оптимизации дизайна с использованием оптимальных факторов безопасности для крупномасштабных задач / М.Г. Харманда, И.Р. Антибас// Вестник Донского государственного технического университета. 2018. Т. 18. № 3. С. 271-279.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОТАЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В ЗОНАХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ

А.Н. Шмидт, А.А. Зубанов, Р.Р. Тупенов, А.С. Союнов

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина

Аннотация. В статье рассмотрена обработка почвы игольчатыми рабочими органами ротационных борон. Проведен анализ игольчатых борон выпускаемых промышленностью. Представлены результаты испытаний новой конструкции игольчатого ротационного рабочего органа.

Ключевые слова: почва, обработка, диск, игольчатый ротационный орган.

THE USE OF THE ROTARY WORKING BODIES IN AREAS SUBJECT TO WIND EROSION

A.N. Schmidt, A.A. Zubanov, R.R. Tupenov, A.S. Soyunov

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin

Abstract. The article considers the treatment of soil with needle-shaped working bodies of rotary harrows. The analysis of needle harrows produced by industry. The results of testing a new design of a needle rotary working body are presented.

Keywords: soil, processing, disk, needle rotary body.

Омская область одна из немногих областей, которая включает в себя четыре природноклиматические зоны: степь, южная лесостепь, северная лесостепь, подтаежная зона. Такое разнообразие объясняется ее географическим положением на юге обширной западносибирской равнины. В связи с этим обработка почвы в регионе должна носить обоснованный, системный характер, учитывать особенности переувлажнения в подтаежной зоне и недостатка влаги в степной и южной лесостепной зонах. Для закрытия весенней влаги в южных районах Омской области, где наиболее сильно проявляется ветровая эрозия, рекомендуется применять игольчатые ротационные бороны [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Сегодня, ресурсосбережение является приоритетным направлением, а значит, ротационные рабочие органы не теряют актуальности в своем применении.

Основываясь на этом, нами был проведен анализ борон с ротационными рабочими органами на сегодняшний день выпускаемых промышленностью.

Ротационные бороны комплектуются следующими видами дисков рабочих органов (рис. 1).



Рис. 1. Комплектование ротационных борон по видам дисков

В конце 20 века широкое распространение получили ротационные бороны с литым видом диска. Такой вид диска применялся на бороне игольчатой гидрофицированной БИГ-3, БМШ-15 посредством соединения дисков в батарее [7, 8, 9, 10].

В данном варианте (рис. 2) представлен литой диск бороны БИГ-3 диаметром 550 мм, имеющий 11 игл изогнутых под определенным углом.

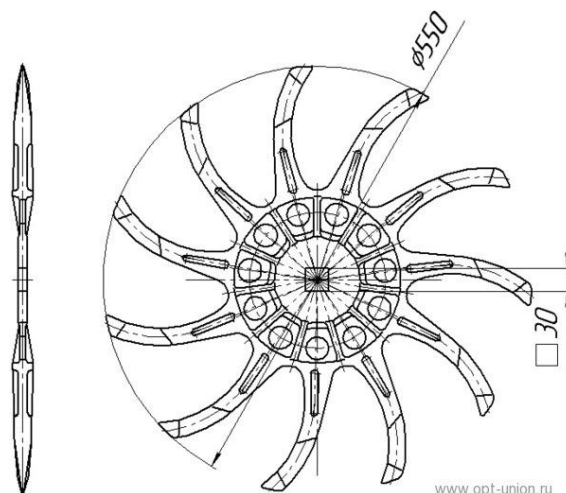


Рис. 2. Рабочий орган ротационной бороны БИГ-3 - литой диск

Такая форма игл позволяет диску работать в активном и пассивном режиме, в зависимости от состояния почвы, но комплектование дисков в батарее не позволяло каждому из них полностью копировать рельеф почвы.

В тяжелой ротационной бороне-мотыге «Иглолятор II» такой недостаток был устранен. Число игл увеличили до 16 штук. Рабочий орган установили на индивидуальной подпружиненной стойке параллельно направлению движения агрегата (рис. 3), что позволяет беспрепятственно копировать рельеф поля.

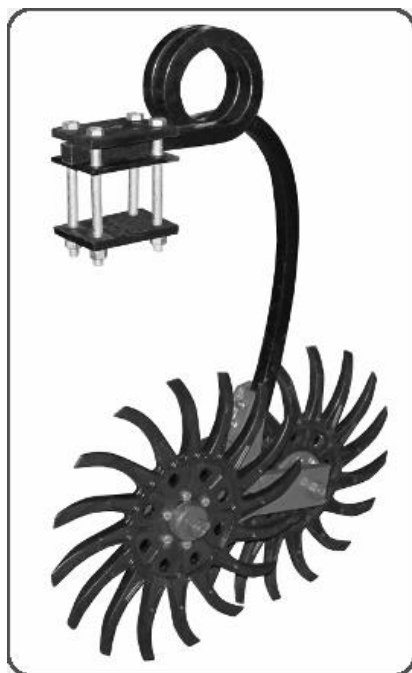


Рис. 3. Рабочий орган ротационной бороны-мотыги «Иглолятор II»

Так же существует и сборный вид игольчатого диска (рис. 4).



Рис. 4. Рабочий орган ротационной бороны - сборный диск

Такое конструктивное решение позволяет в полевых условиях произвести при необходимости замену игл, без снятия самого диска со ступицы стойки. Эта функция позволяет значительно сократить время простоев во время ремонта в поле, особенно на каменистых типах почв, где облом игл является частым явлением.

Для более лучшего проникновения зуба в почву, меньшего травмирования растений и предотвращения распыла почвы на бороне мотыги ротационной БМР 5,6 применен сварной игольчатый диск, представленный на рисунке (рис. 5).

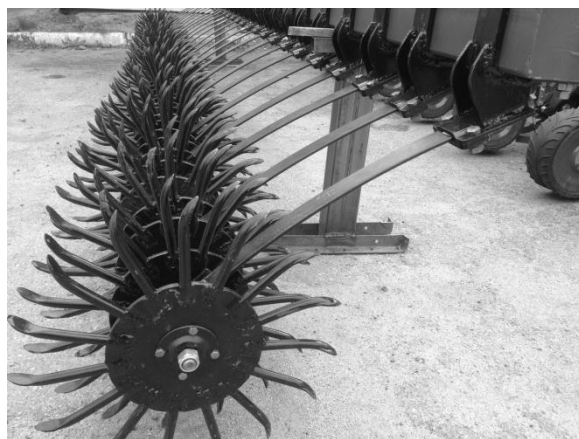


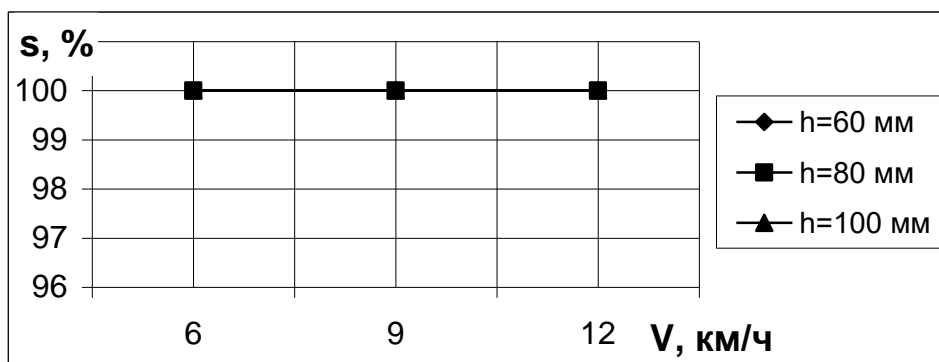
Рис. 5. Рабочий орган бороны мотыги ротационной БМР 5,6 - сварной диск

Главной особенностью сварного диска является применение зуба в виде прямого стержня с отогнутой на конце лопаточкой, что дает возможность при работе внедряться зубу под прямым углом в почву, протыкая ее не травмируя при этом растения. Недостаток такого вида диска заключается в необходимости сварочного оборудования при отломке зуба.

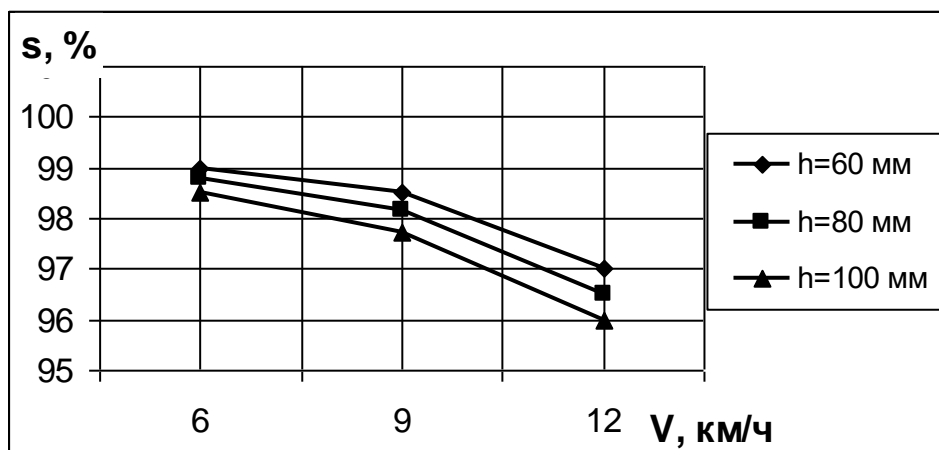
На основании выполненного обзора, нами подана заявка на полезную модель новой конструкции ротационного рабочего органа и изготовлены опытные рабочие образцы.

Проведены испытания ротационных рабочих органов по качественным и эксплуатационным показателям в агрегате с трактором МТЗ-80. Замеры происходили на скоростях: третья с понижающим редуктором (5,63 км/ч), четвертая без понижающего редуктора (9,15 км/ч), седьмая с понижающим редуктором (11,78 км/ч). Для упрощения построения графиков скорость округлили до 6, 9, 12 км/ч соответственно. Угол атаки фиксировался в трех положениях: $\theta = 5^\circ$; $\theta = 10^\circ$; $\theta = 15^\circ$.

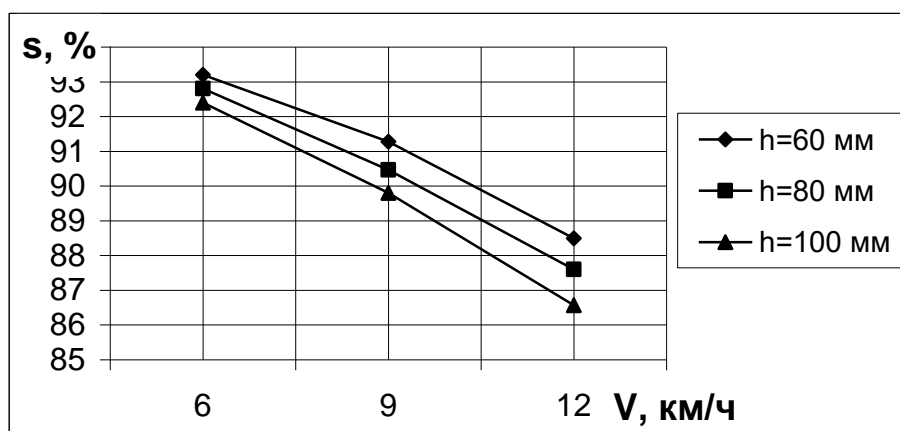
На первом этапе опытов была выполнена проверка сохранности стерни на поверхности поля. Получены данные, о сохранности стерни, представлены графиками (рис. 6).



а



б



в

Рис. 6. Графики зависимости сохранности стерни на поверхности поля:
а – $\theta = 5^\circ$; б – $\theta = 10^\circ$; в – $\theta = 15^\circ$

Из графиков (рис. 6) видно, что при увеличении скорости движения агрегата и угла атаки количество сохраненной на поверхности поля стерни сокращается. Количество стерни, оставшееся на поверхности по агротребованиям должно быть не менее 75%. Согласно опытам игольчатые диски выполняют агротребования в достаточном количестве, минимальное оставляемое число стерни на поверхности 86%.

На втором этапе выполнена проверка заделки измельченных почвенно-растительных остатков. Результаты опыта представлены графиками (рис. 7).

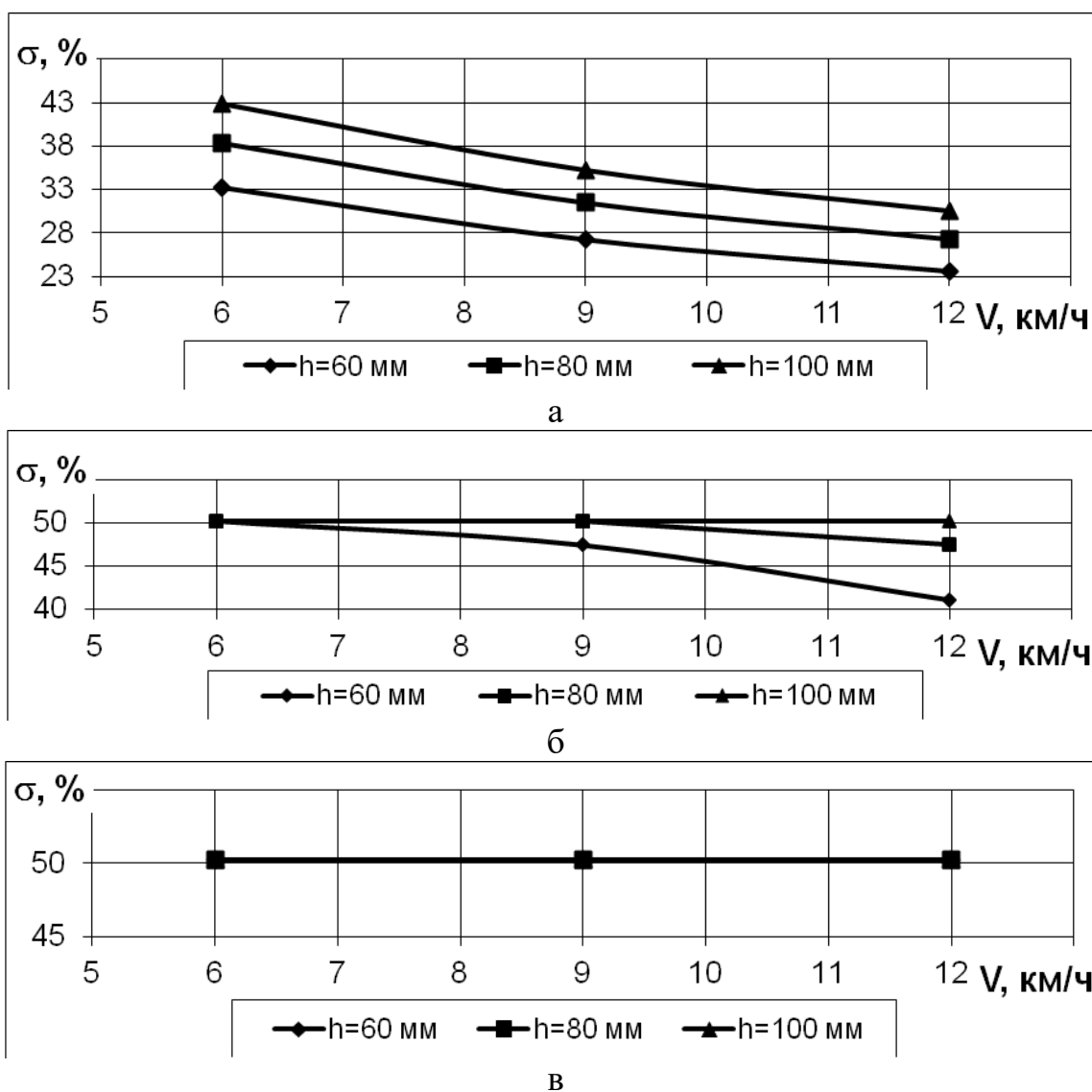


Рис. 7. Графики зависимости заделки почвенно-растительной массы:
а – $\theta = 5^\circ$; б – $\theta = 10^\circ$; в – $\theta = 15^\circ$

При увеличении угла атаки возрастает заделка в почву свободных растительных остатков на поверхности поля до максимального значения 50%, которые служат защитным покровом от выдувания эрозионно-опасных частиц и испарения влаги.

В результате опыта были установлены оптимальные значения: угол атаки 10° , глубина обработки 8 см при скорости движения 9 км/ч.

На третьем этапе произвели замер расхода топлива трактора МТЗ-80 с новой конструкцией ротационного рабочего органа. Согласно нормативным документам трактор МТЗ-80 с бороной БИГ-3 расходует 4,4 л/га. В нашем случае расход топлива составил 4,15 л/га.

В заключение можно сказать, что применение ротационных рабочих органов новой конструкции позволит повысить качество обработки почвы, а именно отклонение по глубине составило не более 2%, гребнистость не более 4см, сохранность стерни на поверхности поля 86-94%, измельченной

соломистой массы 60%. Расход топлива снизился на 0,25 л/га, что дает возможность сэкономить дорогостоящее дизельное топливо в сезон полевых работ сельхозпредприятиям.

Список литературы

1. Трифонов, В.Н. Дисковые рабочие органы борон: технологии восстановления / В.Н. Трифонов, С.Н. Болтовский, С.В. Бирков, А.С. Союнов // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития науки в России и Мире». – Стерлитамак, 2018. – С. 48-50.

2. Малышев, А.Ю. Совершенствование технологии посева зерновых / А.Ю. Малышев, Д.Г. Сытых, Д.Е. Кузьмин, А.С. Союнов // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития науки в России и Мире». – Стерлитамак, 2018. – С. 36-38.

3. Пяскорский, Д.С. Классификация и анализ конструкций сошников / Д.С. Пяскорский, А.С. Союнов // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Междисциплинарность науки как фактор инновационного развития». – Стерлитамак, 2018. – С. 90-92.

4. Трифонов В.Н. Рабочие органы почвообрабатывающих орудий / В.Н. Трифонов, С.Н. Болтовский, А.С. Союнов // сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Междисциплинарность науки как фактор инновационного развития». Изд-во: ООО «Агентство международных исследований» Уфа. – 2018. – с.98-100.

5. Трифонов, В.Н. Рабочие органы почвообрабатывающих орудий / В.Н. Трифонов, С.Н. Болтовский, А.С. Союнов // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Междисциплинарность науки как фактор инновационного развития». – Стерлитамак, 2018. – С. 98-100.

6. Шмидт А.Н. Способы обработки почв подверженных ветровой эрозии / А.Н. Шмидт, Е.В. Овчинников, А.Е. Шонон // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Новая наука: История становления, современное состояние, перспективы развития». – Казань, 2018. – С. 86-88.

7. Головин, А.Ю. Механизация растениеводства : учебное пособие / А.Ю. Головин, Е.В. Демчук, П.В. Чупин, О.В. Мяло, В.В. Мяло, А.С. Союнов. – Омск: Издательство ФГБОУ ВО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2017. – 198 с.

8. Зарипова, Н.А. Основы моделирования процессов взаимодействия элементов рабочего органа щелевателя с почвой / Н.А. Зарипова, А.С. Союнов // сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО Омский ГАУ «Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития». – Омск, 2018. – С. 28-30.

9. Нестяк, В.С. Тяговое сопротивление дискового луцильника / В.С. Нестяк, И.Д. Кобяков, А.С. Союнов // Тракторы и с.-х. машины. – 2012. – № 12. – С. 32-33.

10. Кобяков И.Д. Качество заземления почвенно-растительной массы многоугольными дисковыми рабочими органами / И.Д. Кобяков, А.С. Союнов, Е.Н. Миллер // Тракторы и с.-х. машины. – 2011. – №5. – С. 46-48.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Л.Б. Шокиров, М.Ю. Музаффарова

Бухарский инженерно – технологический институт (Узбекистан)

Аннотация. В данной статье приведены результаты экспериментального исследования определения оптимальной конструкции исполнительных кулачковых механизмов.

Ключевые слова: *изнашивание поверхности, кулачковые механизмы, осциллограмма.*

THE EXPERIMENTAL STUDY OF THE EXECUTIVE CAMS

L.B. Shirova, M.Yu. Muzaffarova

Bukhara Institute of engineering and technology (Uzbekistan)

Abstract. In given article are brought results of the experimental study of the determination to optimum design executive mechanism fist.

Keywords: *the wear surface of the Cam mechanisms, waveform.*

Основным фактором влияющих на изнашивание поверхности и нормальной работы исполнительных механизмов является правильный выбор их конструкции. В связи с этим для нормальной и безшумной работы вращающихся кулачков необходимо дополнительное исследование по выбору и конструкции. Для исследований в качестве исполнительного механизма использовались кулачки разных конфигураций.

Выбор такой схемы был предопределен необходимостью исследования механизмов с преобладанием инерционных нагрузок.

При экспериментальных исследованиях регистрировались следующие параметры:

- отметка границ фазовых углов поворота кулачка и оттиска времени;
- крутящие моменты на ведомом валу;
- шум на экспериментальной установке.

В основу проведенных исследований были положены электротензометрические методы измерений, получившие в последнее время широкие применения при исследованиях механических систем.

Для выбора более эффективную конструкцию нами был проведен эксперимент, результаты которого приведены в виде осциллограммы (рис.1). Из осциллограммы видно, при использовании разных конфигураций момент силы инерции на ведомом валу колеблется по разному. Типично рассматриваем устройство для своевременной разгрузки желобов в определенном времени. По расчетам (1) для равномерного распределения материала необходимо 3-4 сек. Из осциллограммы (рис. 1, (а) и (б)) видно, что необходимое время для разгрузки материала недостаточно, а также за счет наличия неравномерных сил

трения в контактной точке механизмов увеличивается крутящие моменты, это свидетельствует о неэффективности применения данной конструкции.

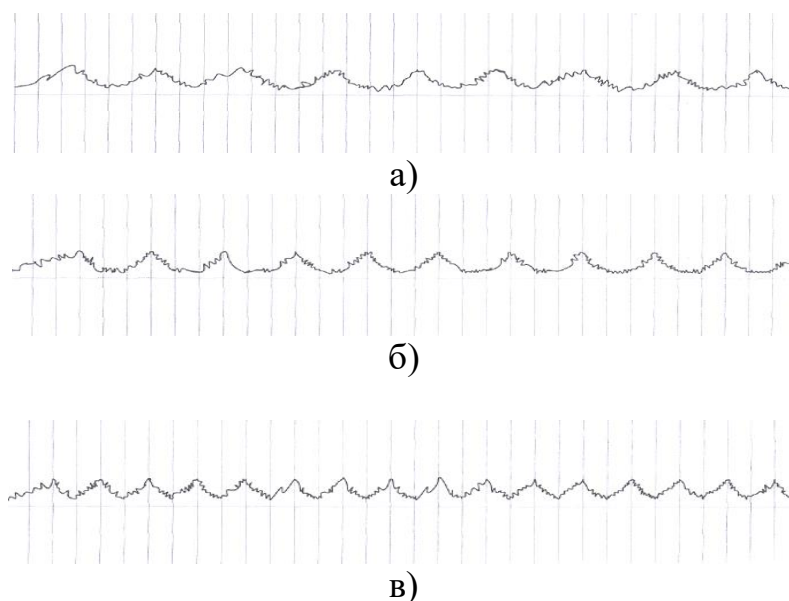


Рис.1. Осциллограмма крутящих моментов различных конструкций кулачковых механизмов

На рис 1, (в) показана осциллограмма означающий изменение крутящего момента кулачкового механизма, совершающий вращательные движения без остановки. На осциллограмме видно, что крутящие моменты на ведомом валу накладываются периодически возбуждаемые, вынужденные. В период вращения кулачка, как видно из осциллограммы угол размаха упругого колебания ведомой системы на ведущий вал не передается. После определенного времени, как видно из осциллограммы, упругие колебания ведомой системы на ведомой передается незначительно вызванным наличием сил трения возникающий в место соприкосновения рабочих органов. Таким образом, кривая (в) свидетельствует о более плавном движении ведомой массы с паузой.

Сравнивая работы различных конструкций кулачковых механизмов, следует отметить, что для применения в устройствах предназначенной для распределения сыпучих материалов самым подходящим является вариант (в) (рис. 1), который обеспечивает циклическое движения ведомого звена с паузой и с наименьшим крутящим моментом, возникающий от сил трения звеньев.

Для определения угла вырезки кулачка на установке проведены серии экспериментов.

Для эксперимента использовался кулачок с вырезками 30° , 60° и 90° с скоростью вращения 2 об/мин, 3 об/мин, 4 об/мин. Основной целью данного эксперимента является, определение взаимосвязи угла вырезки кулачка с частотой вращения, а также влияния их на равномерного распределения. Опыты проводились в трех повторностях.

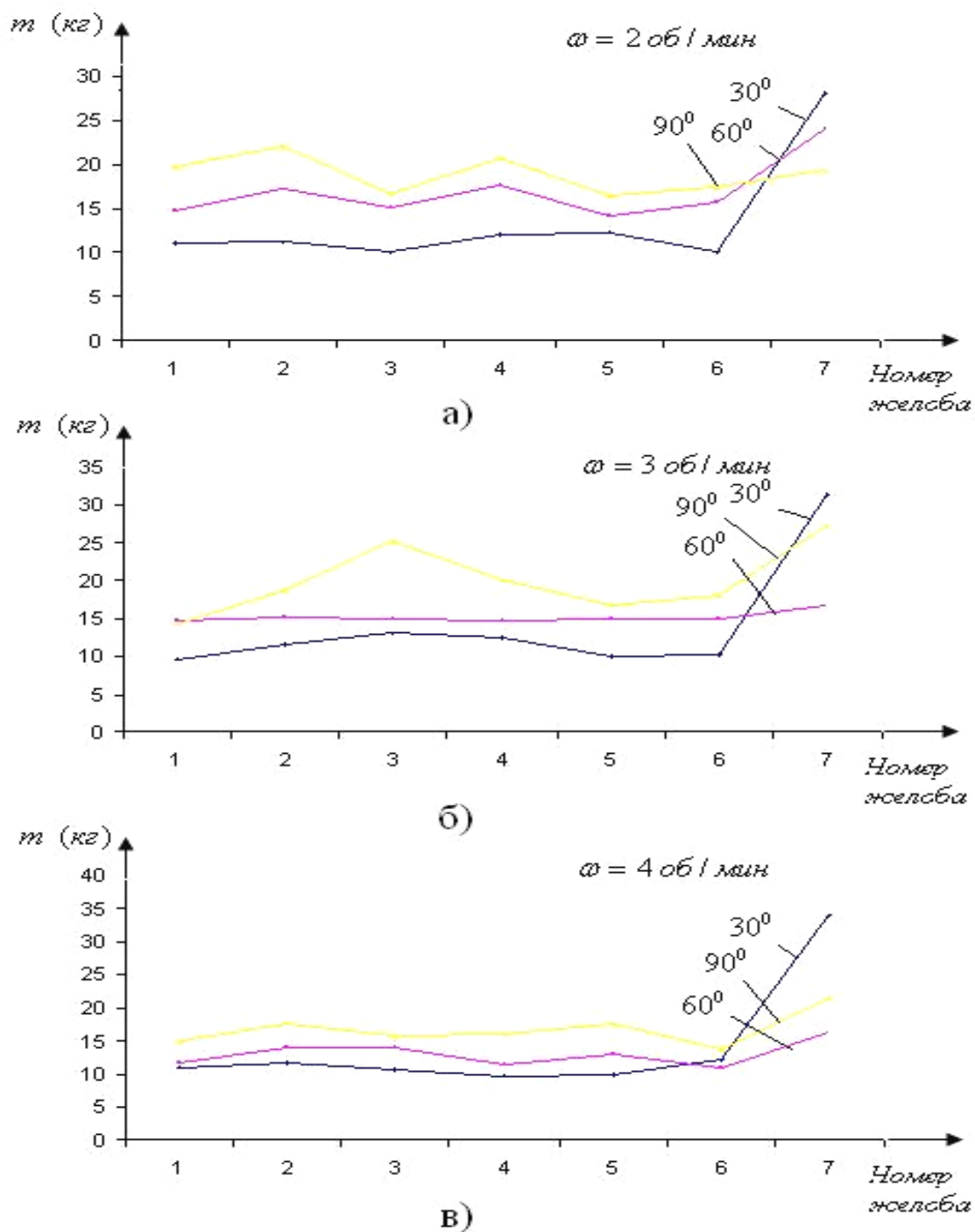


Рис .2. График взаимосвязи угла вырезки кулачка с частотой вращения

В результате проведенных экспериментов были получены следующие значения (таб. 1), которые представлены в виде графиков (рис. 2).

Анализ результатов показал, что независимо от частоты вращения кулачка, а также от его диаметра при угла вырезки равной на 60° , можно обеспечить равномерного распределения хлопка-сырца. По результатам полученных во время эксперимента можно судить о том, что в процессе распределения хлопка-сырца в винтовом конвейере, угол вырезки кулачка можно принят равной на 60° . При этом обеспечивается равномерное распределения материала в зоне складирования в определенной длине.

Результаты проведенных экспериментов

Угол вырезки	1	2	3	4	5	6	7
$\omega=2$ об/мин							
30 ⁰	11	11,2	10	12	12,3	10	28
60 ⁰	14,8	17,2	15,1	17,6	14,1	15,7	24
90 ⁰	19,8	22	16,7	20,7	16,5	17,3	19,3
$\omega=3$ об/мин							
30 ⁰	9,7	11,5	13,1	12,5	10,0	10,3	31,5
60 ⁰	14,7	15,1	15	14,8	14,9	15	16,8
90 ⁰	14,4	18,7	25,4	20	16,8	18,2	27,2
$\omega=4$ об/мин							
30 ⁰	11	11,7	10,6	9,8	10	12,2	34
60 ⁰	11,7	14,0	14,0	11,5	13,0	11	16,5
90 ⁰	15	17,7	15,7	16,1	17,5	13,8	21,5

Список литературы

1. Рахманов Х.К. «Разработка эффективных конструкций и методов расчёта системы подготовки, загрузки и складирования хлопка в модуле» Дис... док.техн. наук. – Ташкент, 2012.
2. Тихомиров В.П. Планирование и анализ эксперимента. – Москва: Легкая индустрия, 1974. – 165 с.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛИНИИ СУШКИ ЛУЩЕНОГО ШПОНА

Ю.В. Янюк, Н.А. Коморников

Петрозаводский государственный университет

Аннотация. в статье рассматривается один из способов увеличения рабочей производительности сушильной линии, а именно: модернизации линии с помощью автоматизированного цепного конвейера подачи стоп шпона на линию сушки.

Ключевые слова: *лущенный шпон, линия сушки, влажность древесины, производительность оборудования.*

INCREASE IN PRODUCTIVITY OF THE PEELED VENEER DRYING LINE

J.V. Yanyuk, N.A. Komornikov

Petrozavodsk State University

Abstract. The article discusses one of the ways to increase in productivity of the drying line, namely, upgrade the line by automatic chain conveyor delivering veneer to the drying line.

Keywords: *peeled veneer, drying line, wood humidity, equipment productivity.*

Изготовление лущеного шпона – это часть технологического процесса производства клееной фанеры. По объёмам выпуска лущенный шпон толщиной 1-2 мм является наиболее массовой продукцией фанерных производств. Фанера – материал, использующийся в таких отраслях, как строительство, мебельное

производство, автомобилестроение, судостроение и многих других. Фанера – многослойный древесный строительный материал, состоящий из склеенных между собой листов лущеного шпона [1]. Технология изготовления фанеры предусматривает необходимость сушки всего сырого лущеного шпона, используемого в производстве, а также сушки шпона, намазанного или пропитанного смолами. При сушке из шпона удаляется влага, которая содержится в порах и стенках клеток древесины. Под действием тепла влага переходит в парообразное состояние и удаляется.

Главная задача процесса сушки – достижение требуемой конечной влажности так, чтобы все листы шпона после сушки имели одинаковую конечную влажность, а также равномерное распределение влажности по всему листу шпона. Характерные признаки хорошо высушенного шпона: естественный цвет, прямолинейность, гибкость и гладкость поверхности шпона [2].

В процессе сушки древесины (конвективная сушка) испарение и удаление влаги из древесины происходит с помощью воздуха. Испарение влаги в воздух происходит тем быстрее, чем выше температура и чем меньше относительная влажность воздуха. С точки зрения качества древесины, высокая относительная влажность воздуха оказывает положительное воздействие, замедляя испарение влаги с поверхности древесины. С повышением температуры перемещение влаги из внутренних частей на поверхность древесины ускоряется, и содержание влаги внутри и на поверхности древесины уменьшается. На процесс сушки древесины оказывают влияние такие факторы, как температура и влажность воздуха, скорость воздушного потока на поверхности древесины, плотность древесины, толщина материала, клеточное строение, порода и влажность древесины [3].

Главной проблемой в процессе сушки являются большие колебания влажности шпона, поступающего на сушку. Древесина хвойных и лиственных пород существенно отличается друг от друга. На содержание влаги в древесине большое влияние оказывает время года, способ транспортировки и условия хранения древесины. Например, в березе меньше всего влаги осенью (55-65%) и больше влаги весной (90-105%). Гидротермическая обработка в некоторой степени выравнивает колебания влаги в древесине, кроме того, при лущении происходит некоторый отжим влаги. Разница в содержании влаги между сердцевинной и заболонной частью, которая более всего заметна в хвойной древесине, в процессе сушки не выравнивается. Если время сушки слишком короткое, заболонная часть не просыхает, если время сушки слишком длинное, происходит пересыхание сердцевинной части. При пересыхании шпона увеличивается время всасывания клея, которое можно регулировать временем подпрессовки, таким образом, на прочностных свойствах фанеры пересыхание не сказывается [4,5].

Тем не менее, конечная влажность шпона может отличаться от требуемой не более, чем на 1-2 %. При более высоком отклонении могут возникать проблемы в склеивании фанерных плит. Для того чтобы избежать потерь в

склеивании фанеры и не допускать повторной сушки, обычно стремятся к достижению более низкой конечной влажности шпона.

При пересушке возникают потери, связанные с растрескиванием шпона. Кроме того, пересушенный шпон очень ломкий и легко повреждается в процессе последующей его обработки, приводя к дополнительным потерям и создавая дополнительную работу. Пересушенный шпон имеет коробленую и шероховатую поверхность и требует большего расхода клея.

Таким образом, сушка шпона – необходимый процесс его подготовки к склеиванию. Главная задача сушки – получение необходимой влажности, при отсутствии потери шпоном своих механических свойств. Решение данной задачи состоит в точной настройке и отладке сушильной линии с целью минимизации простоев и, в итоге, повышению производительности оборудования.

Одним из мировых лидеров в производстве современного оборудования для фанерных производств, отвечающего всем требованиям к заданным параметрам качества выходного продукта является фирма Raute (Финляндия). Она выпускает роликовые сопловые сушилки нового поколения, в конструкции которых использованы технические решения, позволяющие существенно повысить производительность оборудования и качество сушки. Очевидно, что заявленная производительность может несколько отличаться от производительности оборудования в условиях производства. Оценка отклонения от заявленной производительности осуществлялась на предприятии «СВЕЗА Новатор» (Вологодская область) [6], использующее для сушки шпона оборудование фирмы Raute. В ходе проведенного эксперимента были выявлены факторы, влияющие на снижение производительности оборудования, а также выработаны рекомендации по модернизации с целью улучшения технических параметров сушильной линии.

На предприятии был получен ряд данных для анализа производительности сушильной линии:

Таблица 1

Замеры данных

Данные по типшелю	Количество циклов типшеля	16
	Время, с	196
	Время цикла типшеля, с	12,25
	Количество листов шпона за одну подачу	3
	Количество стоп шпона на подаче	3
	Количество этажей	4
Размеры листа сухого шпона	Длина, мм	1600
	Ширина, мм	1600
	Толщина, мм	1,5
	Количество листов шпона в стопе	460
	Время перезагрузки стоп шпона, с	109,1

Из технической документации на 4-х этажную сушильную линию получены следующие значения пиковой производительности:

Пиковая производительность

Кол-во этажей	Длина шпона [мм]	Ширина сырого шпона [мм]	Толщина шпона [мм]	Температура сушки [°C]	Время сушки [мин]	Загрузок [1/мин]	Производительность сушки [м ³ /ч]
4/4	1300	1420x4	1,5	180	3,4	20	13,1
4/4	1300	2830x2	1,5	180	3,4	20	13
4/4	1600	1740x3	1,5	180	3,4	18	13,5
4/4	1600	1740x3480	1,5	180	3,4	17	11,9

Начальная влажность древесины может сильно повлиять на производительность оборудования, так как для достижения требуемой конечной влажности шпона необходимо увеличить время сушки. Для сравнения рабочей производительности сравнивался процесс сушки шпона, изготовленного из двух партий древесины:

- партия №1 – тип древесины – ядро. Время сушки больше, так как начальная влажность ядра равна 80 – 100%. Заданная влажность достигается путем уменьшения скорости, с которой листы шпона проходят через рабочую зону сушки. Расчетная рабочая производительность оказалась меньше максимальной на 2,11 м³ в час

- партия №2 – тип древесины – заболонь. Заболонь имеет меньшую влажность по сравнению с ядром, поэтому скорость прохождения шпона по рабочей зоне выше, чем для ядра. Расчетная рабочая производительность сушильной линии оказалась меньше максимальной на 0,95 м³ в час.

На рисунке 1 изображен график производительности сушильной линии за период с 01.04.18 по 16.04.18.

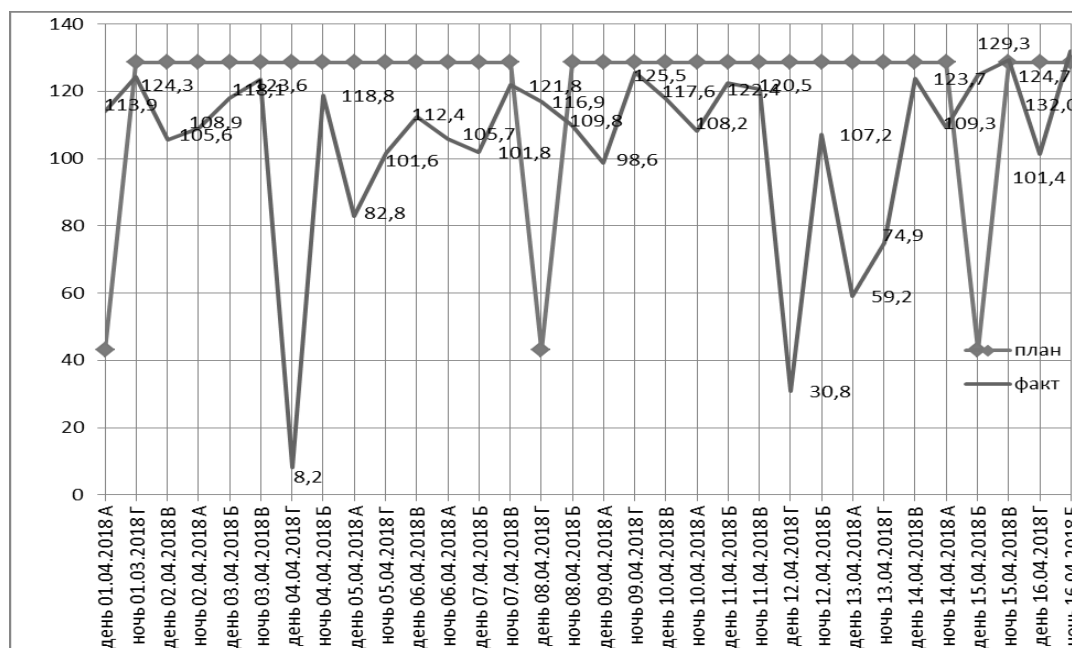


Рис.1. График производительности сушильной линии

Кривая с ромбами обозначает производительность по плану, где нижние точки – ремонтные дни. В ремонтный день происходит полная остановка оборудования, чистка от пыли и кусков шпона.

Очевидно, что реальная производительность сушильной линии ниже расчетной, в некоторые дни наблюдается значительное снижение количества производимой продукции, вызванное простоями, поломками, увеличением количества некондиционного шпона.

Анализ данных рабочей производительности, а также оценка возможностей предприятия по модернизации сушильной линии позволили выработать следующие рекомендации: повышению рабочей производительности может способствовать усовершенствование линии подачи стоп шпона на сушильную линию, которую предлагается осуществлять с помощью цепного конвейера с автоматизированной системой управления.

Конвейер располагается в месте подачи стоп. Стопы шпона помещаются с помощью погрузчика на движущиеся ролики. Выгрузка стоп осуществляется автоматически, когда датчик движения фиксирует подъем стола до определенного уровня. При выгрузке стопы с погрузчика на конвейер может происходить дезориентация стопы, и, следовательно, это может помешать правильной выгрузке на конвейер. Для требуемой ориентации стопы предусмотрены автоматические ограничители, которые по сигналу бесконтактных конечных датчиков осуществляют поправку стопы на движущихся роликах. После прохождения по роликам стопа перемещается на цепной конвейер, с которого попадает на подъемный стол. Бесконтактные ограничители фиксируют положение стопы на столе, и подается сигнал на перемещение стола вверх. Во время подъема стола вверх, верхние цепи раздвигаются и стопы свободно проходят до нужного уровня, а затем поступают на линию сушки.

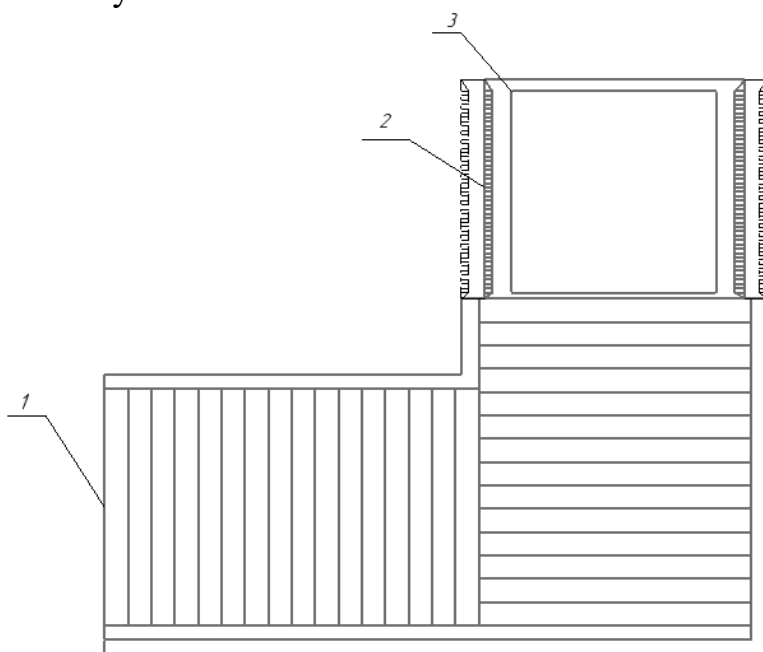


Рис.2. Схема конвейера подачи стоп шпона:
1 - ролики конвейера; 2 - цепи конвейера; 3 - подъемный стол.

Расчеты показывают, что автоматическая подача стоп шпона на линию сушки существенно сокращает время, затрачиваемое на выгрузку и ориентацию стоп в ручном режиме (коэффициент оперативного времени возрастает с 0,85 до 0,88), рабочая производительность сушильной линии составляет 12,94, что в целом приближает показатели производительности оборудования к плановым.

Список литературы

1. ГОСТ 3916.1-96. Фанера общего назначения с наружными слоями из лиственных пород.//Строй-Провайдер [Электрон. ресурс] URL: <http://stroyprovider.ru/gost/2.html>.
2. ГОСТ 99-96. Шпон лущеный. Технические условия.//Интернет и Право[Электрон. ресурс] URL: <http://internet-law.ru/gosts/gost/27703/>.
3. Янюк Ю.В. Выбор и настройка параметров для эффективного управления процессом сушки измельченной древесины при изготовлении древесно-стружечных плит / Янюк Ю.В // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2008. №2(92). С. 105-108.
4. ГОСТ 17743-2016. Технология деревообрабатывающей и мебельной промышленности.// База ГОСТов [Электрон. ресурс] URL: https://allgosts.ru/97/140/gost_17743-2016.
5. Волков А.В. Справочник фанерщика / Волков А.В. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2010.486 с.
6. SVEZA [Электрон. ресурс]: Официальный сайт НАО «СВЕЗА». — Электрон. дан. — Москва, 2018 — URL: [http://www.sveza.ru/crn_fls/319201-sto_00255177-001-2013_\(belaya_dlya_sayta\).pdf](http://www.sveza.ru/crn_fls/319201-sto_00255177-001-2013_(belaya_dlya_sayta).pdf).

СЕКЦИЯ 3. НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Председатель секции: кандидат технических наук, заведующий кафедрой
«Наземные транспортные системы» Ястребов Геннадий Юрьевич

ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ МОЩНОСТЬЮ 50-75 кВт

А.В. Агеев

ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова»

Аннотация. Приведены основные технические характеристики колесных тракторов с мощностью двигателя от 50 до 75 кВт и относящиеся к тяговому классу тракторов 1,4. Проанализированы тягово-сцепные и энергетические показатели тракторов серии ПО «Минский тракторный завод» и крупнейших мировых производителей сельскохозяйственных тракторов равного сегмента JohnDeere, Challenger, Case IH и MasseyFerguson, Claas и Deutz-Fahr, NewHolland.

Ключевые слова: трактор, мощность двигателя, эксплуатационная масса, коэффициент использования сцепного веса.

TRACTION INDICATORS OF WHEEL TRACTORS WITH CAPACITY OF 50-75 kW

A.V. Ageev

Saratov state agrarian university of a name of N.I.Vavilov

Annotation. The main technical characteristics of wheeled tractors with engine power from 50 to 75 kW and belonging to the traction class of tractors 1.4 are given. The traction-coupling and energy indicators of tractors series "Minsk tractor plant" AND the world's largest manufacturers of agricultural tractors of equal segment John Deere, Challenger, Case IH and Massey Ferguson, Claas and Deutz-Fahr, New Holland are analyzed.

Keyword: tractor, engine power, operating weight, coupling weight utilization factor.

Значительный объем сельскохозяйственных работ в растениеводстве выполняется колесными тракторами тягового класса 1,4, мощность двигателя которых варьирует от 50 до 75 кВт. К таким тракторам можно отнести энергетические средства серии «Беларус» МТЗ-80.1 (рис.1,а) и МТЗ-82.1 (рис.1,б), выпускаемые ПО «Минский тракторный завод».



а)

б)

Рис. 1. Тракторы «Беларус» модели МТЗ-80.1 (а) и МТЗ-82.1 (б)

Более современными модификациями тракторов МТЗ-80/82 являются тракторы серии «Беларус» МТЗ-892, МТЗ-922. Тяговый класс техники составляет также 1,4. Технические характеристики этих тракторов представлены в табл.1 [1,2]. Анализ данных таблицы показывает, что эффективная мощность двигателя тракторов МТЗ-80 и МТЗ-82 одинаковая, но различная у них эксплуатационная масса. Полный привод колес трактора МТЗ-82 позволяет развивать более высокое тяговое усилие трактора, что подтверждается коэффициентом использования сцепного веса $\phi=0,52$, против $\phi=0,39$ МТЗ-80. У моделей тракторов МТЗ-892 и МТЗ-922 мощность двигателей увеличена соответственно на 7,7% и 14,3% относительно МТЗ-80/82. Однако невысокое наращивание эксплуатационной массы отразилось на величине коэффициента использования сцепного веса $\phi = 0,45$ и $\phi = 0,47$.

Таблица 1

Основные технические характеристики тракторов Беларус

Наименование	Тракторы			
	МТЗ-80.1	МТЗ-82.1	МТЗ-892	МТЗ-922
Мощность, кВт(л.с.)	60(81)	60(81)	65(87)	70(95)
Колесная формула	4К2	4К4	4К4	4К4
Эксплуатационная масса, кг	3770	4000	4150	4300
Рабочая скорость, км/ч Тяговое усилие, кН	7,1/15,0; 8,6/13,5; 9,1/12,4; 10,1/11,3; 11,3/10,1	3,4/21,0; 6,03/18,5; 8,0/15,2; 9,3/13,4; 11,1/11,2	8,0/18,6	8,0/20,4
Тяговая мощность, кВт	28,9-31,1	19,6-33,6	41,3	45,3
Коэффициент использования сцепного веса	0,39	0,52	0,45	0,47
Энергонасыщенность, кВт/т	15,9	15,0	15,7	16,3

Крупнейшими в мире производителями сельскохозяйственных тракторов равного сегмента являются компании JohnDeere [4], Challenger, CaseIH и MasseyFerguson (США), Claas и Deutz-Fahr (Германия), NewHolland (Голландия) [4]. Предприятиями этих корпораций выпускается много модификаций тракторов различной мощности. Среди тракторов небольшой мощности от 50 до 75 кВт в Россию поставляются трактор 5-й серии JohnDeere 5085 (рис.2,а); трактор CaseIHJX 090U (рис.2,б); MasseyFerguson 4225 (рис. 2,в); Challenger MT425 (рис.2,г); NewHollandTD5030 (рисунок 2,д); ClaasAxos 340 СХ и Deutz-FahrAgrolux 4.80 (рис.2.е) [4]. Технические характеристики этих тракторов представлены в табл. 2 [3,4]. Из табл. 2 видно, что мощность двигателя у всех тракторов практически равная, в среднем составляет 60 кВт. Только у двух тракторов MasseyFerguson 4225 и ClaasAxos 340 СХ наиболее высокая мощность - 75 кВт. У всех тракторов имеется полный привод на все колеса. Аналогично показателям мощности распределяется эксплуатационная масса тракторов, составляет от 3450кг до 3960кг. Самая большая масса, более 4 тонн, также у тракторов MasseyFerguson 4225 и ClaasAxos 340 СХ. Анализируя тяговые усилия тракторов, развиваемые на скоростях 7,3-7,9 км/ч, отмечаем, что наибольший коэффициент использования сцепного веса $\phi = 0,58$ у NewHollandTD5030, ClaasAxos 340 СХ $\phi=0,59$ и практически находится на уровне с трактором МТ3-82. Другие иностранные тракторы по этому показателю соответствуют тракторам серии «Беларус».

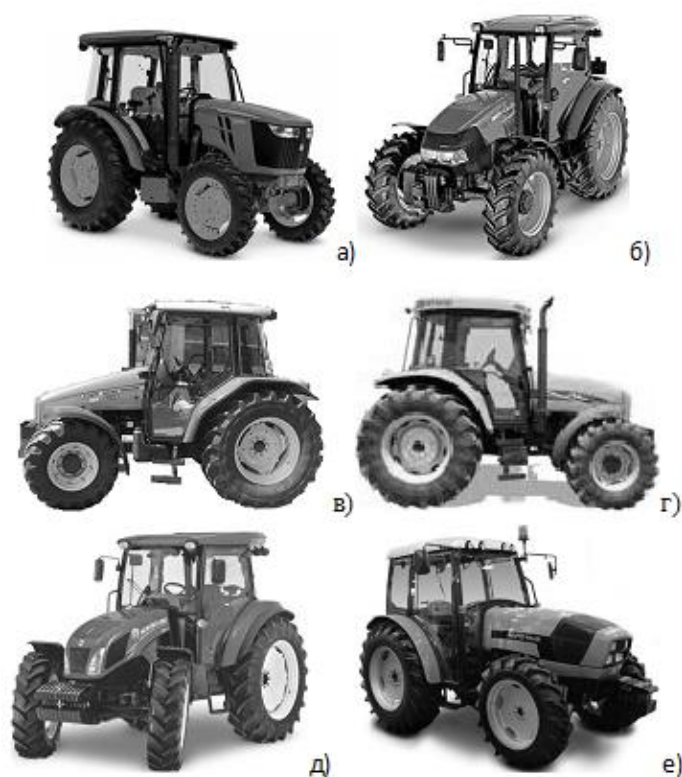


Рис. 2.Тракторы John Deere 5085 (а);CaseIHFarmallJX 100U (б); MasseyFerguson 4225 (в); ChallengerMT425 (г); New Holland TD 5030 (д); Deutz-FahrAgrolux 4.80 (е)

Рассматривая энергонасыщенность тракторов видно, что у тракторов серии «Беларус» она практически одинаковая от 15,0 до 16,3 кВт/т. В этом же диапазоне энергонасыщенность находится у тракторов JohnDeere 5085, CaseIHFarmallJX 100U, ClaasAxos 340 CX и Challenger MT425. У трактораNewHollandTD 5030 при высоком коэффициенте использования сцепного веса, энергонасыщенность составила 14,8 кВт/т. Наиболее энергонасыщенными тракторами из исследуемых являются Deutz-FahrAgrolux 4.80 и MasseyFerguson 4225. Как следует из тягово-сцепных и энергетических показателей тракторов мощностью 50-75 кВт приравняемые к тяговому классу 1,4 все энергетические средства возможны к применению на полевых работах в растениеводстве. Однако из-за плохой несущей способности почвы на полях подготовленных под посев ранней весной их применение ограничено.

Таблица 2

Основные технические характеристики иностранных тракторов

Наименование	Марка трактора						
	JohnDeere 5085	CaseIHFarmallJX 90U	MasseyFerguson 4225	Challenger MT 425	NewHolland TD 5030	ClaasAxos 340 CX	Deutz-FahrAgrolux 4.80
Мощность, кВт (л.с.)	56(76)	66(88)	75(102)	60(83)	54(74)	74(101)	60(82)
Колесная формула	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD
Эксплуатационная масса, кг	3450	3960	4131	3460	3654	4200	3300
Рабочая скорость, км/ч	7,5/	7,5/	7,9/	7,9/	7,3/	7,5/	7,6/
Тяговое усилие, кН	14,3	18,4	14,7	14,7	21,3	24,8	14,2
Тяговая мощность, кВт	29,8	38,3	32,3	32,3	43,2	51,7	30,0
Коэффициент использования сцепного веса	0,41	0,46	0,36	0,42	0,58	0,59	0,43
Энергонасыщенность, кВт/т	16,2	16,7	18,2	17,3	14,8	17,6	18,2

Ухудшение тягово-сцепных качеств тракторов приводит к увеличению сроков выполнения технологических операций, часто превышающих лучшие агротехнические сроки. Кроме того, образование глубокой колеи, оставляемой шинами колесных тракторов на почве, приводит к неравномерности заделки семян по глубине. При буксовании движителей трактора теряется мощность двигателя, увеличивается расход топлива, а также происходит разрушение структуры пахотного слоя. Снижается годовая загрузка тракторов. Все это, в итоге, ведет к снижению урожайности, а значит и к снижению

эффективности использования машинно-тракторных агрегатов в составе с тракторами тягового класса 1,4.

Из вышеизложенного следует, что в настоящий период применяется большое количество колесных тракторов с мощностью двигателя от 50 до 75 кВт и развиваемом усилии на крюке 14-20кН. Для повышения эффективности их использования в сельском хозяйстве весьма действенным способом остается применение тракторов на осенних полевых работах с высокой несущей способностью почвы, по уплотненному стерневому фону. Особенно задействовать агрегаты на пахотных операциях, на полях небольшой площади, участках с неправильной конфигурацией, некрупных фермерских хозяйствах.

Список литературы

1. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов. Альбом-справочник. М.: Россельхозиздат, 1979. 240 с.

2. Трактор МТЗ Беларус. Описание и технические характеристики трактора Минского тракторного завода Беларус. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://migrt.ru/products/tech/555/Tractor MTZ Belarus](http://migrt.ru/products/tech/555/Tractor_MTZ_Belarus).-Загл. с экрана. - Яз. рус., англ. и др.

3. Institute of Agriculture and Natural Resources NEBRASKA TRACTOR TEST LABORATORY. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tractortestlab.unl.edu/testreports>. -Загл. с экрана. - Яз. рус., англ. и др.

4. Трактор-РЕВЮ. Интернет-журнал о сельскохозяйственной спецтехнике. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tractorreview.ru/traktora/kolesnyie-traktora/mtz/mtz-1025-tehnicheskie-harakteristiki.html>.-Загл. с экрана. - Яз. рус., англ. и др.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ О ПОСТРОЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ

А.Э. Аухадеев, Д.И. Тухбатуллина, П.В. Егорова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Предложена научная концепция, основанная на системно-синергетической парадигме, позволяющая интерпретировать реализации режимов работы тягового электрооборудования электроподвижного подвижного состава как топологическую основу многоуровневой конфигурации открытого сложноорганизованного процесса электрической тяги городского электрического транспорта.

Ключевые слова: *тяговое электрооборудование, городской электрический транспорт, электрическая тяга, уровни построения движения.*

DEVELOPMENT OF THE URBAN ELECTRIC TRANSPORT ELECTRIC EQUIPMENT THEORY ON THE BASIS THE CONCEPT OF CONSTRUCTION OF ELECTRIC TRACTION

A.E. Auhadeev, D.I. Tuhbatullina, P.V. Egorova

Kazan State Power Engineering University

Annotation. A scientific concept based on the system-synergetic paradigm is proposed, which allows to present the implementation of the operating modes of the electric equipment of the electric rolling stock by the topological basis of the multi-level configuration of the open complexly organized process of electric traction of urban electric transport.

Keywords: *traction electrical equipment, urban electric transport, electric traction, motion building levels.*

Городской наземный электрический транспорт (ГЭТ) функционирует в 110 городах РФ и является перспективной видом транспорта, обеспечивающим на сегодняшний день около 20% от объема перевозок пассажиров транспортом общего пользования, в т.ч., более 25% объёмов перевозок во внутригородском сообщении. Эксплуатационная длина путей сообщения общего пользования наземной транспортной системы ГЭТ составляет 2,5 тыс. км для трамвайных путей, 5,3 тыс. км для троллейбусных линий, число маршрутов для трамвайных и троллейбусных систем - 549 и 836 соответственно. Среднесписочное число электроподвижного состава (ЭПС) наземной транспортной системы ГЭТ в РФ составляет более 8,1 тыс. трамвайных и 10,5 тыс. троллейбусных вагонов, при коэффициенте использования парка соответственно 62% и 66,8% [1, 2 и др.].

В качестве тягового электрооборудования ЭПС ГЭТ применяют электродвигатели (ЭД) коллекторные постоянного тока серийного и смешанного возбуждения, асинхронные трехфазные с короткозамкнутым ротором, вентильные и синхронные с системой управления, структура которой определяется типом и поколением электропривода. Реализация заданных режимов работы тягового электрооборудования (ТЭО) происходит посредством косвенной системы управления в автоматизированном режиме. В эксплуатируемом парке ГЭТ широко представлены (более 75%) ЭПС с коллекторными ЭД с реостатно-контакторной, тиристорно-импульсной или контакторно-транзисторной системой управления. На новом ЭПС как ТЭО все чаще применяют асинхронные трехфазные ЭД с транзисторной системой управления, реализованной на силовых IGBT-транзисторах. Необходимо отметить, что режимы работы любого ТЭО при любой из вышеперечисленных систем косвенного управления однозначно определяют режимы движения ЭПС при реализации электрической тяги [3, 4 и др.].

Очевидно, что вопросы теории тягового электрооборудования связанные с расчетом технологических режимов его работы лежат в предметной области теории электрической тяги. Данный факт определяет возможность развития теории и методов расчета рациональных режимов работы тягового электрооборудования путем совершенствования основополагающих представлений о принципах формирования электрической тяги как процесса преобразования электрической энергии в целенаправленное механическое движение ЭПС при реализации всех технологических условий производственно-технической системы ГЭТ [5, 6]. Для этого авторами сформулирована основанная на системном подходе и синергетической методологии научная концепция построения движения ЭПС, позволяющая представить электрическую тягу как открытый сложноорганизованный

процесс, топологической основой многоуровневой конфигурации которого является работа ТЭО [7]. Такой подход позволит развить представления об особенностях формирования режимов работы ТЭО, об архитектуре взаимодействий с другими техническими, технологическими и производственными процессами, характеризующими реализацию электрической тяги, что будет способствовать решению актуальной научной проблемы повышения эффективности использования электрической энергии в системе городского электрического транспорта.

В соответствии с предлагаемой научной концепцией технологический процесс электрической тяги, основной задачей которого является целенаправленное механическое движение ЭПС, реализуемое ТЭО в составе автоматизированного тягового электропривода в общем случае может быть представлен совокупностью иерархически выстроенных подпроцессов. Для описания этих подпроцессов целесообразно воспользоваться теорией «построения движения», предложенной знаменитым биомехаником первой половины XX в. Н.А. Бернштейном [8] и нашедшей применение в робототехнике и мехатронике [9].

Согласно этой теории реализация управляемого движения объектов или систем различной природы (в том числе биологических и технических) осуществляется посредством его «построения». При этом построение движения происходит в общем случае по 5 уровням («А», «В», «С», «D», «Е»), которые называются «уровни построения движения» [8]. Теория построения движения определяет механизмы контроля и управления движением, которые формируются особым образом по уровням и имеют сложную структуру. Такой механизм «построения движения» позволяет организовать эффективный алгоритм «построения решений» в управлении движением сложных динамических систем [9].

На основании данной теории уровни построения движения ЭПС при реализации электрической тяги могут быть реализованы следующим образом:

Уровень А ($У_A$) – особый уровень построения движений, на котором движение как таковое отсутствует, но при этом происходят процессы связанные с подготовкой к движению, т.е. ресурсное обеспечения процесса движения ЭПС наземной транспортной системы ГЭТ.

Уровень В ($У_B$) – уровень построения движений в собственных координатах системы (конкретного ЭПС), т.е. пространственная, временная и силовая координация механической работы ТЭО в составе автоматизированного тягового электропривода.

Уровень С ($У_C$) – уровень построения движений в окружающем предметном пространстве, т.е. пространственная, временная и силовая координация управляемого механического перемещения ЭПС в условиях маршрута движения (план и профиль пути, длина перегона и др.).

Уровень D ($У_D$) – уровень построения движений системы при взаимодействии с предметами окружающего пространства, обусловленном представлениями об их качествах и свойствах взаимных отношений (основанных на объективном мониторинге параметров посредством

измерительных инструментальных средств), т.е. реализация целенаправленного механического перемещения ЭПС в условиях технологии перевозочного процесса (график движения, межпоездной интервал, время хода и др.)

Уровень E (U_E) – уровень построения движений системы при взаимодействии с предметами окружающего пространства, основанном на абстрактных понятиях об их качествах и свойствах взаимных отношений, т.е. реализация гипотетических («идеализированных») механических перемещений ЭПС, удовлетворяющих основным прогнозным параметрам задачи производственного процесса ГЭТ, формируемых системой организационного управления [10].

Уровни построения движения выстраиваются в соответствии с иерархией решаемых специфических задач. При этом задачи решаются параллельно, для каждого уровня непрерывно формируются вышестоящим и управляют нижестоящим уровнем, подчиняются условиям задачи общего процесса движения ЭПС. Таким образом, иерархия подпроцессов, реализуемых задач на каждом уровне построения движения, вступая во взаимосвязи, формируют структуру процесса механического движения ЭПС.

Рассмотренный выше процесс движения ЭПС можно условно представить как «механическую» составляющую реализации электрической тяги. Очевидно, что присутствует и «электротехническая» составляющая, которая определяет процессы преобразования электрической энергии, формирования электрических режимов ТЭО, взаимодействия с окружающей средой, энергетической системой, другими ЭПС и т.д. Такие процессы также имеют четкую иерархическую структуру и, в общем случае, могут быть представлены 5 уровнями построения системы электрической тяги (как на постоянном, так и на переменном токе) [11].

Анализ условно выделенных механической и электротехнической составляющих технологического процесса электрической тяги позволяет сделать выводы, что основной процесс также представляет собой систему уровней, связанных иерархической подчиненностью, и во взаимосвязи реализующих различные специфические задачи, которые в совокупности решают основную задачу. Реальный технологический процесс электрической тяги невозможно однозначно разделить на механическую и электротехническую составляющие, но схожесть их иерархических структур позволяет сформулировать основные особенности построения процесса электрической тяги: *многоуровневость процесса; иерархичность уровней; параллельность подпроцессов; взаимосвязь подпроцессов; обмен энергетическими, материальными и информационными ресурсами между уровнями и внешней средой.*

С учетом вышеперечисленных особенностей сформулируем теоретическую систему (научную концепцию) построения процесса электрической тяги. За основу возьмем положения теории построения движения, т.к. основной задачей электрической тяги является управляемое механическое движение ЭПС. Данная теоретическая система иерархии уровней построения процесса электрической тяги графически представлена на рис. 1.

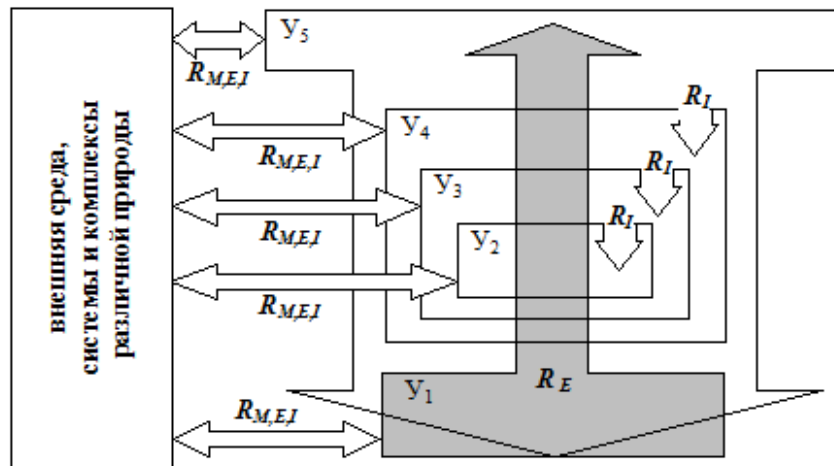


Рис. 1. Система иерархии уровней построения процесса электрической тяги: Y_1 – уровень энергетического обеспечения; Y_2 – уровень реализации работы тягового электрооборудования; Y_3 – уровень управляемого механического движения тяговой единицы; Y_4 – уровень реализации технологического процесса ГЭТ; Y_5 – уровень реализации производственного процесса ГЭТ, $R_{M,E,I}$ – поток соответственно материальных, энергетических и информационных ресурсов

Многоуровневость процесса электрической тяги, определяется наличием в его структуре нескольких подпроцессов, каждый из которых решает конкретную специфическую задачу, отличающуюся от других, но в совокупности с другими направленную на решение основной задачи процесса. Такой подпроцесс или группа подпроцессов может сформировать один из уровней системы. Так в структуре процесса электрической тяги предлагается выделить 5 уровней:

1. Уровень энергетического обеспечения (Y_1). По аналогии с уровнем Y_A построения движения является определяющим для всего процесса электрической тяги. На данном уровне не происходит формирование тяги как таковой, а обеспечивается функциональная готовность процесса к деятельности путем обеспечения стабильного и надежного энергообеспечения перевозочного процесса наземной транспортной системы ГЭТ.

2. Уровень реализации работы тягового электрооборудования (Y_2). По аналогии с уровнем Y_B , на данном уровне рассматривается подпроцесс, реализуемый в системе ограниченной собственными координатами объекта (в данном случае в системе ЭПС), без учета действия внешних сил, изменяющих импульс (количество движения) объекта (но при условии обмена энергией, материей и веществом с внешней средой – нагревание и остывание ТЭО, электромагнитные взаимодействия, изменение влажности и т.д.). Подпроцесс данного уровня характеризуется определенными алгоритмами работы ТЭО и системой косвенного управления, которые определяются паспортными электрическими и электромеханическими характеристиками входящих в них элементов. Данные алгоритмы формируются на этапе проектирования ЭПС и однозначно определяют реализуемые режимы работы, т.е. при идентичных

внешних условиях ЭПС реализует идентичные характеристики. Это является особенностью данного уровня, заключающееся в том, что алгоритмы создания электрической тяги неизменны и определены на этапе проектирования, путем использования ТЭО с определенными характеристиками. Изменение алгоритмов реализации электрической тяги требует изменения характеристик отдельных элементов системы тягового электропривода.

3. Уровень управляемого движения ЭПС ($У_3$). На данном уровне, по аналогии с уровнем $У_С$, формируется подпроцесс взаимодействия ЭПС с окружающим пространством и его элементами. Так при взаимодействии колесной пары с элементами пути возникает внешняя по отношению к ЭПС касательная сила тяги F_k , приводящая к движению, а электрические и электромеханические характеристики тягового электрооборудования формирует тяговую характеристику ЭПС. Создаваемая F_k является управляемой, что позволяет реализовать управляемое движение ЭПС. Управление ЭПС осуществляется либо водителем, либо системой автоведения. Различные параметры окружающего пространства, выражающиеся в физических характеристиках плана и профиля пути, климатических и погодных условий, напряжения на токоприемнике и др., определяют различные реализации электрической тяги.

Отличие данного уровня от следующего заключается в том, что в данном случае электрическая тяга, а, следовательно, управляемое движение еще не является «целенаправленным», т.е. реализующее какую-то цель, в частности - перевезти пассажиров из одного пункта в другой, следуя в графике, при этом квалификации водителя на этом уровне не учитывается.

4. Уровень реализации технологического процесса ГЭТ ($У_4$). На данном уровне, по аналогии с уровнем $У_D$, формируется подпроцесс взаимодействия ЭПС с окружающим пространством и его элементами с учетом их конкретных свойств и характеристик, например, реализация требуемой ходовой скорости на перегоне с учетом графика движения, обеспечение ограничения скорости на отдельных участках и др. Движение уже не просто «управляемое», а «целенаправленное», т.е. направленное на достижение конкретной цели – обеспечение перевозки пассажиров по маршрутной сети в соответствии с технологией перевозочного процесса ГЭТ и требованиями к качеству поездной работы. На данном уровне электрическая тяга зависит от уровня профессиональной квалификации водителя или машиниста ЭПС.

5. Уровень реализации производственного процесса ГЭТ ($У_5$). Данный уровень системы построения электрической тяги является абстрактным и соответствует уровню $У_E$ в теории построения движения. Его абстрактность связана с формированием «идеализированного» процесса электрической тяги, который стремятся реализовать нижестоящие уровни. Условно, на этом уровне «выстраивается программа», по которой должен реализовываться процесс электрической тяги, в соответствии с прогнозируемым «идеализированным» процессом, которая непрерывно управляет этим процессом и предопределяет его (например, прогнозируемые уровень потребления электроэнергии,

пассажиропоток и др.) Данный подпроцесс выстраивается с учетом стратегии производственного процесса транспортного производства ГЭТ.

Иерархичность процесса электрической тяги, определяется тем, что подпроцессы нижних уровней входят в состав подпроцессов более высоких уровней (см. рис. 1). Процессы более высоких уровней «подчиняют» себе подпроцессы более низких – задают параметры и условия их реализации R_I . Чем выше уровень системы, тем более сложную задачу реализации тяги он решает и тем больше он открыт для взаимодействия $R_{M,E,I}$ с внешней средой и другими системами и комплексами различного назначения (природы).

Так подпроцесс управляемого движения ЭПС ($У_3$) включает в свой состав подпроцесс реализации работы тягового электрооборудования ($У_2$) и при этом входит в состав подпроцесса ($У_4$), определяемого технологией перевозочного процесса. При этом все эти подпроцессы включают в себя подпроцесс приема, преобразования и распределения энергии, потребляемой ЭПС (подпроцесса энергообеспечения - $У_1$), не формирующего движение, но являющегося обеспечивающим для всего процесса электрической тяги, а также подчиняются подпроцессу реализации стратегии производственного процесса транспортного производства ($У_5$). Данный подпроцесс является высшим в представленной иерархической системе, т.к. определяет требования и условия для реализации всех предыдущих подпроцессов.

Параллельность подпроцессов, происходящих на каждом уровне, обусловлена механизмом реализации электрической тяги и вертикальной иерархией уровней системы. Уровни более высокого порядка формируют свои подпроцессы не по окончании подпроцесса нижнего уровня системы, а в момент его реализации при непрерывном взаимодействии, что и определяет *взаимосвязь подпроцессов*. При этом реализацию своей специфической задачи вышестоящий уровень выстраивает на основе задачи нижестоящего уровня, полностью определяя условия и параметры ее реализации (рис. 1).

Так управляемое движение ЭПС ($У_3$) на элементарном участке пути (с определенными параметрами) выстраивается на основе уровня реализации работы тягового электрооборудования ЭПС ($У_2$), который формирует алгоритмы и режимы работы автоматизированного тягового электропривода ЭПС для конкретных условий (план и профиль заданного участка, климатические и погодные условия и др.) в которых выстраивается подпроцесс $У_3$. При выполнении технологии перевозки ЭПС ($У_4$) движение по маршрутной сети при соблюдении ходовой скорости и межпоездного интервала в условиях сложной дорожной обстановки реализуется на основе подпроцесса уровня управляемого движения ЭПС ($У_3$) на элементарном участке, формирующегося с учетом условий поездной работы ЭПС. Аналогично выполняется построение движения для всех уровней.

Обмен энергетическими, материальными и информационными ресурсами между уровнями и внешней средой является одним из основных условий реализации процесса электрической тяги в открытой сложноорганизованной системе ГЭТ [7]. Очевидно, что данное условие строго реализуется только в общем случае, а в реальных условиях, как правило, очевидны лишь некоторые

взаимодействия. Так, например, в синергетической методологии принципов организации открытых сложноорганизованных систем используется определение «информация - как меры Порядка», в противовес понятию «энтропия - как мера Хаоса» [10]. В этом случае под обменом информационными ресурсами будем понимать любые взаимодействия, приводящие к «повышению Порядка» процессов и системы в целом. Это могут быть различные ограничения, условия и требования к параметрам протекающих процессов и явлений, выражающиеся в том числе и в регламентах, инструкция, нормах и др. Т.е. все то, что ограничивает («упорядочивает») многочисленное множество («Хаос») вариантов реализации того или иного процесса или его структуры. Условно структурная схема обмена энергетическими R_E , материальными R_M и информационными R_I ресурсами между уровнями построения электрической тяги и внешней средой представлена также на рис. 1.

Таким образом, авторами сформулирована научная концепция, представляющая технологический процесс электрической тяги, основной задачей которого является преобразование электрической энергии источника в целенаправленное механическое движение ЭПС, совокупностью иерархически выстроенных подпроцессов, каждый из которых, находясь в иерархическом подчинении подпроцесса вышестоящего уровня и формируя условия реализации подпроцесса нижестоящего, решает отдельную специфическую подзадачу построения движения ЭПС. Представленная теоретическая система позволит развить общую теорию тягового электрооборудования ГЭТ путем совершенствования методологических основ принципов формирования режимов работы ТЭО при реализации технологии перевозочного процесса в производственно-технической системе ГЭТ.

Список литературы

1. Киснеева, Л.Н. Анализ системы городского электрического транспорта российской федерации / Л.Н. Киснеева, А.Э. Аухадеев, А.А. Сидорова, А.Х. Мукимов // Вестник современных исследований. 2017. № 12-1 (15). С. 161-164.
2. Kisneeva, L.N. Current state and problems of urban electric transport in Russia / L.N. Kisneeva, A.E. Aukhadееv, R.Yu. Babakuliev, S.G. Fazylov // Modern Science. 2018. № 1-1. С. 42-44.
3. Слепцов, М.А. Основы электрического транспорта / М.А. Слепцов, Г.П. Долаберидзе, А.В Прокопович. М.: ИЦ «Академия», 2006. 464 с.
4. Аухадеев, А.Э. Моделирование режимов тяги силового электрооборудования электрического транспорта / А. Э. Аухадеев. Казань: Изд-во КГЭУ, 2006. 176 с.
5. Рылов, Ю.А. Реализация электрической тяги в производственно-технической системе городского электрического транспорта / Ю.А. Рылов, А.Э. Аухадеев, А.Х. Мукимов, В.И. Каримов // Современные научные исследования и разработки. 2017. № 8 (16). С. 487-491.

6. Рылов, Ю.А. Специфика электрической тяги городского транспорта / Ю.А. Рылов, А.Э. Аухадеев, В.В. Гришина, А.Р. Салихова, Р.А. Рашитова // Вестник современных исследований. 2017. № 11-1 (14). С. 250-253.
7. Аухадеев, А.Э. Городской электрический транспорт с позиций синергетической методологии / А.Э. Аухадеев, Р.С. Литвиненко, Ю.А. Рылов, А.Г. Хайруллин // Мир транспорта и технологических машин. 2018. № 1 (60). С. 67-73.
8. Бернштейн, Н.А. О построении движений / Н.А. Бернштейн. М.: Медгиз, 1947. 234 с.
9. Платонов, А.К. О построении движений в баллистике и мехатронике / А.К. Платонов // Прикладная механика и управление движением. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2010. С. 127 – 222.
10. Аухадеев, А.Э. Саморазвитие транспортной системы современного города: Поиск инновационной модели интеллектуального управления / А.Э. Аухадеев. М.: ВИНТИ, 2014. 220с.
11. Сопов, В.И. Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе / В.И. Сопов, Н.И. Щуров. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. 728 с.

ОБЩИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВОВ

О.А. Бакумова, М.В. Полуэктов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Приводится классификация методов повышения долговечности автомобильных кузовов, рассмотрены характеристики отдельных видов защиты от внешнего воздействия окружающей среды.

Ключевые слова: кузов автомобиля, долговечность кузова, легковой автомобиль, керамическое покрытие, жидкая резина, жидкое стекло, полиуретановая плёнка.

GENERAL ANALYSIS OF CAR BODIES DURABILITY INCREASING METHODS

O.A. Bakumova, M.V. Poluektov

Volgograd state technical university

Annotation. The classification of car bodies durability increase methods is given, the characteristics of some types of protection from external environmental influences are considered.

Keywords: car body, durability of the body, passenger car, ceramic coating, liquid rubber, liquid glass, polyurethane film.

Кузов автомобиля является основным, наиболее дорогостоящим его элементом. Высокая сложность кузовных работ и их стоимость, дороговизна кузовных элементов и тяжёлые условия их работы делают актуальным исследование, направленное на повышение долговечности кузова автомобиля.

Целью данной работы является общий анализ методов и средств, позволяющих повысить долговечность кузова легковых автомобилей.

В зависимости от конструкции, все автомобили делятся на два вида: с рамной конструкцией и с несущим кузовом. Рамная конструкция характерна для грузовых автомобилей и части автомобилей повышенной проходимости. Легковые автомобили и автобусы, как правило, имеют несущий кузов [1].

Кузов легкового автомобиля включает моторный отсек, пассажирский салон и багажник. К несущей части кузова либо к подрамнику крепятся ходовая часть, трансмиссия, дополнительное оборудование, электроника и двигатель автомобиля. В качестве материала элементов кузова обычно выступают металлы, реже – особые виды полимерных материалов [2].

На первом этапе работы был произведён общий анализ методов и средств воздействия на долговечность кузовов, представленных на сайтах сети Интернет [1, 2, 3, 4, 5]. В настоящее время существует несколько способов повышения долговечности кузовов легковых автомобилей, которые могут быть объединены в две группы: конструктивно-технологические, применяемые при изготовлении кузовов, и способы дополнительной защиты кузовных деталей от коррозии, применяемые в процессе эксплуатации автомобилей.

В результате анализа была получена следующая классификация (рис.1).

Как видно из рис.1, основными способами повышения долговечности кузова в эксплуатации являются:

- своевременная и качественная мойка;
- сушка;
- полирование;
- удаление ржавчины в доступных местах;
- обработка днища, крыльев и скрытых полостей противокоррозионными материалами.



Рис. 1. Классификация методов повышения долговечности автомобильных кузовов

Металл, служащий основой кузова, с течением времени подвержен коррозии, которая является основной причиной выхода из строя. Для продления долговечности кузова существуют способы защиты от коррозии.

Один из наиболее доступных методов обезопасить автомобиль – нанести слой полимера, известного как «жидкое стекло». Менее популярным, но достаточно эффективным способом обезопасить кузов является керамическое покрытие. В данном случае речь идет о мельчайших частицах размером до 10 нм, потому покрытие иногда называют нанокерамикой. Ещё один способ – называемая «жидкая резина», то есть мастика, созданная на основе битумно-полимерной эмульсии. Полиуретановая плёнка – покрытие, напоминающее резину, эластичное, рвется с трудом [2, 5].

Для повышения долговечности кузовов некоторые зарубежные фирмы решились выполнять нанесение антикоррозионных материалов на конвейерах основного производства, хотя это и приводит к усложнению технологического процесса [3].

В результате предварительного анализа установлено, что из перечисленных методов самым дешёвым является покрытие кузова «жидкой резиной». В то же время, судя по отзывам автовладельцев, этот метод обладает низкой долговечностью покрытия и рядом иных недостатков, поэтому теряет популярность. Метод керамического покрытия, напротив, всё чаще

используется владельцами автомобилей. Однако данная технология обладает существенным недостатком – коротким сроком службы.

На основании полученных данных предполагается дальнейшее исследование, в результате которого будет разработана оптимальная технология обработки кузовов.

Список литературы

1. Классификация кузовов автомобилей [Электронный ресурс] // сайт «Автолирика.ру» – Режим доступа: <http://autolirika.ru/teoriya/kuzov-avtomobilya.html>.

2. Классификация кузовов автомобилей [Электронный ресурс] // сайт онлайн – журнала «AUTOEXPERTTODAY» – Режим доступа: <https://autoexpert.today/remont-i-to/klassifikatsiya-kuzovov-avtomobilej.html>.

3. Способы защиты кузова автомобиля от сколов и царапин [Электронный ресурс] // сайт «АвтоНоватор» – Режим доступа: <https://carnovato.ru/zashhita-kuzova-ot-skolov-i-carapin/>.

4. ТОП средств для антикоррозийной обработки кузова автомобиля [Электронный ресурс] // сайт «InfoKuzov.ru» – Режим доступа: <https://infokuzov.ru/material-instrument/antikorroziynnie-pokritiya>.

5. 6 способов защиты от сколов, чтобы машина сверкала как новая [Электронный ресурс] // сайт «Авторамблер» – Режим доступа: <https://autorambler.ru/advice/6-prostykh-i-effektivnykh-sposobov-zashhitit-kuzov-ot-skolov.htm>.

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСА ВЕДУЩИХ МОСТОВ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Ю. Барыкин, М.М. Мухаметдинов, Р.Х. Тахавиев, Ш.С. Хуснетдинов
*Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)
федерального университета*

Аннотация. В статье рассмотрены условия эксплуатации грузовых автомобилей и факторы, определяющие долговечность деталей. Приведены примеры отказов деталей привода колёс вследствие высокой нагруженности привода. Предложены меры по повышению безотказности деталей ведущего моста.

Ключевые слова: дифференциал, полуось, ведущий мост, грузовой автомобиль, нагруженность, климатические условия.

TO THE ISSUE OF PROVIDING THE RESOURCE OF THE LEADING BRIDGES IN WINTER CONDITIONS OF OPERATION

A.Yu. Barykin, M.M. Mukhametdinov, R.Kh. Takhaviev, Sh.S. Husnetdinov
*Naberezhnye Chelny Institute (Branch) of Kazan (Volga region) Federal
University*

Abstract. The article discusses the operating conditions of trucks and the factors that determine the durability of parts. Examples of failures of parts of the drive of wheels due to high loading of the drive are given. Proposed measures to improve the reliability of parts drive axle.

Keywords: *differential, semi-axle, drive axle, truck, loading, climatic conditions.*

Отечественные грузовые автомобили используются в народном хозяйстве для выполнения производственных задач в различных дорожно-климатических условиях. При проектировании узлов и автомобиля в целом учитывается эксплуатационный перепад температур атмосферного воздуха и другие климатические факторы [1].

Воздействие отрицательных температур при запуске двигателя и начале движения подробно изучалось в научной литературе [2, 3]. Известен ряд рекомендаций и методик тепловой подготовки двигателя и узлов шасси, описанных также в учебной литературе [4]. В последнее время появился ряд работ, в которых рассматривается необходимость подогрева узлов трансмиссии, обоснованная высокой степенью нагруженности в зимних условиях. В работе [5] дан сравнительный анализ методов тепловой подготовки двигателя и трансмиссии в целом.

Факторами, определяющими высокую нагруженность узлов трансмиссии, в частности, ведущего моста, являются, во-первых, низкая температура и подвижность атмосферного воздуха. В книге В.Ф. Платонова [6] приведены данные дорожных испытаний полноприводных грузовых автомобилей, по которым можно сделать вывод о существенной вариации температурного состояния ведущего моста в зависимости от уровня внешнего воздействия и конструктивного размещения на автомобиле. Во-вторых, на мост оказывают влияние динамические нагрузки от опорной поверхности. Особенно важно, что даже ограниченные динамические нагрузки могут привести к поломкам и отказам в условиях значительного охлаждения деталей и проявления хладноломкости [5].

На рис. 1 показана полуось грузового автомобиля со следами динамического разрушения (смятия) шлицов.



Рис. 1. Смятие шлицов полуоси

При эксплуатации в условиях Сибири и Крайнего Севера нередки ситуации отказа ведущего моста из-за поломки полуоси, хотя возникающие нагрузки даже при буксовании колёс не превышают предельно допустимых

значений. Проблема заключается в том, что в расчёте деталей не всегда учитывается снижение прочностных свойств при одновременном воздействии нескольких внешних факторов. В данном случае речь идёт о динамически меняющихся крутящих и изгибных моментах, нагружающих сильно охлаждённую деталь. Нагрев узлов трансмиссии во время движения также не всегда приводит к желаемому результату – обеспечению рациональных рабочих температур деталей [7]. Основная причина – существование значительных температурных градиентов вследствие локализации разогрева деталей.

На необходимость системного анализа факторов нагружения было указано в работе [8], где приведены основные элементы естественно-технической системы, обуславливающей динамику рабочих процессов узлов трансмиссии.

Как пример, можно привести влияние условий эксплуатации на жесткость главной передачи, описанное в работе [9]. Изменение предварительного натяга подшипникового узла главной передачи может привести к заметному сокращению срока службы и выходу из строя зубчатых колёс. Технические параметры, которые в данном случае определяют изменение жесткости главной передачи – это упругость и геометрические размеры регулировочных деталей. Необходимо определять методы оценки таких параметров и вводить соответствующие дополнения в алгоритмы бортового контроля. Вопросы обеспечения надёжной эксплуатации главной передачи и трансмиссии в целом получили необходимое освещение в работах отечественных учёных [10, 11].

Наиболее сложным представляется достоверное описание процесса функционирования межколёсного дифференциала. Детали дифференциала подвержены перечисленным выше нагрузкам, а контроль интенсивности нагружения затруднён по конструктивным соображениям. Причинами выхода из строя деталей дифференциала являются как поломки от динамических нагрузок, так и механический или коррозионно-механический износ, например, при окислении масляной плёнки (рис. 2, 3).



Рис. 2. Крестовина дифференциала со следами износа



Рис. 3. Сателлит дифференциала с изношенной сферической опорной поверхностью

В работе [12] рассмотрены причины снижения эксплуатационной надёжности деталей межколёсного дифференциала. В частности, указано на необходимость учёта в расчётной модели режима движения автомобиля, описываемого оценочным показателем интенсивности работы рулевого управления. Частота прохождения поворотов различного радиуса определяет интенсивность вращения сателлитов, а, следовательно, степень нагрева и распределения изгибных нагрузок между зубьями сателлитов.

Обеспечение рациональных условий работы ведущего моста может быть достигнуто за счёт применения бортового устройства подогрева трансмиссионного масла и отдельных базовых деталей. Экономичность эксплуатации такого устройства обеспечивается переменным режимом работы в соответствии с данными эксплуатационного мониторинга температуры в локальных зонах моста. Такие дорожные исследования начаты учёными кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» НЧИ КФУ.

Проведены также теоретические исследования процессов теплообмена при эксплуатации ведущего моста в зимних условиях. В расчётах учитываются условия внешней среды, типичные для большинства российских регионов [13]. Установлены основные составляющие энергетических потерь при зимней эксплуатации узлов трансмиссии [14], что позволяет придать универсальность разрабатываемой модели рабочих процессов.

Поддержание рабочих температур деталей и трансмиссионного масла в рациональном диапазоне значений даёт возможность реализовать следующие преимущества:

- ✓ Оптимальные вязкостно-температурные свойства трансмиссионного масла, обеспечивающие минимальный износ и высокий КПД ведущего моста;
- ✓ Стабильность прочностных свойств деталей и высокая устойчивость к ударным нагрузкам;

✓ Уменьшение суммарного сопротивления движению и снижение нагруженности двигателя.

Перечисленные преимущества способствуют, кроме прочего, снижению расхода топлива, что, вероятно, компенсирует затраты энергии на питание устройства подогрева.

В целом реализация предложенного метода должна обеспечить требуемый ресурс деталей ведущего моста и свести к минимуму вероятность отказа на линии, что является существенным фактором безопасности автомобильных перевозок.

Список литературы

1. Автомобили КамАЗ. Инструкция по эксплуатации / Сост. Трынов В.А. Под ред. Пергамента Л.Р. – М.: Машиностроение, 1982. 336 с.
2. Бакуревич Ю.Л., Толкачев С.С., Шевелев Ф.Н. Эксплуатация автомобилей на Севере. – М.: Транспорт, 1973. 180 с.
3. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. – М.: Транспорт, 1993. 190 с.
4. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М. и др. Под ред. Е.С. Кузнецова. – 4-е изд. – М.: Наука, 2001. 535 с.
5. Барыкин, А.Ю. Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев // Грузовик, 2018. № 8. С. 7-10.
6. Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.
7. Барыкин, А.Ю. К вопросу системного анализа условий эксплуатации привода колёс автомобилей КАМАЗ / А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров, М.М. Мухаметдинов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. - № 6. - С. 74-76.
8. Юрковский И.М. Вождение автомобиля в сложных дорожных условиях. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ДОСААФ, 1976. 125 с.
9. Мухаметдинов М.М. Исследование интенсивности падения преднатяга подшипников качения главной передачи автомобиля КамАЗ / “Машиностроение: проектирование, конструирование, расчёт и технологии ремонта и производства”. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск, ИжГТУ, 2012. С. 113-114.
10. Лянденбургский, В.В. Диагностирование главной передачи грузовых автомобилей / В.В. Лянденбургский [и др.] // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта [Текст]: материалы X междунар. заочн. науч.-техн. конф. 15 мая 2015 г., Пенза / [редкол.: Э.Р. Домке (отв. ред.) и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2015. С. 199-205.
11. Павлишин, С.Г. Технический аудит дилерского центра IVECO и HINO г. Хабаровска / С.Г. Павлишин, Д.Е. Баранов, А.А. Бянкин // Автотранспортное предприятие. 2016. № 5. С. 24-27.

12. Барыкин, А.Ю. Влияние температурного режима дифференциала в зимний период эксплуатации на управляемость и безопасность движения / А.Ю. Барыкин // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы X Международной научно-практической конференции, 16 марта 2017 г. В 2-х тт. Т. 1. – Тюмень: ТИУ, 2017. С.208-211.

13. Погода и климат [Электронный ресурс]: - URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> (дата обращения 18.11.2018)

14. Барыкин, А.Ю. Оценка затрат энергии в процессе зимней эксплуатации ведущего моста грузового автомобиля / А.Ю. Барыкин, Р.Х. Тахавиев // «Энергосбережение. Наука и образование»: (2017; Набережные Челны): сборник докладов / ред. кол. Исрафилов И.Х. [и др.]; под ред. д-ра техн. наук И.Х. Исрафилова. - Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2017. С. 52-57.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНОВ БЛОКИРОВАНИЯ МЕЖКОЛЁСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ

А.Ю. Барыкин

*Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)
федерального университета*

Аннотация. В статье приведены результаты анализа научных работ, содержащих сведения о рациональной степени блокирования автомобильного дифференциала. Обоснована целесообразность выделения различных диапазонов блокирования в зависимости от требований к автомобилю. Приведены авторские рекомендации по выбору степени блокирования межколёсных дифференциалов в различных эксплуатационных режимах.

Ключевые слова: *дифференциал, коэффициент блокировки, коэффициент сцепления, момент трения, проходимость, управляемость.*

STUDY OF RATIONAL AREAS FOR BLOCKING OF INTER-WHEEL DIFFERENTIALS

A.Yu. Barykin

Naberezhnye Chelny Institute (Branch) of Kazan (Volga region) Federal University

Abstract. The article presents the results of the analysis of scientific papers containing information about the rational degree of blocking the automotive differential. The expediency of distinguishing various blocking ranges depending on the requirements for the car is substantiated. The author's recommendations on the choice of the degree of blocking cross-wheel differentials in various operating conditions are given.

Keywords: *differential, blocking coefficient, friction coefficient, friction torque, passability, controllability.*

Выбор рационального типа межколёсного дифференциала представляет собой непростую задачу при проектировании автомобилей повышенной проходимости. Следует учесть, что в настоящее время часто предлагается опционная установка дифференциалов повышенного трения (или

принудительной блокировки дифференциалов) на автомобили, предназначенные для движения по дорогам с твёрдым покрытием, например, легковые автомобили, развозные грузовики и другие. Применение таких дифференциалов может быть полезным для ряда дорожных ситуаций: ограничить буксование колёс на покрытии с недостаточным сцеплением, обеспечить возможность движения по разбитой и неровной дороге. Однако следует принимать во внимание, что дополнительное трение в межколёсном приводе может способствовать ухудшению управляемости и устойчивости, существенно повлиять на поведение автомобиля при движении на поворотах, маневрировании, торможении.

Оценка степени блокирования в отечественной автомобильной науке традиционно производится с применением коэффициента блокировки дифференциала, позволяющего сравнить различные типы дифференциалов, установить величину момента трения в межколёсном приводе.

В различных работах применяются три разновидности (рода) коэффициента блокировки, которые, впрочем, могут быть легко преобразованы между собой. В данной статье используется коэффициент блокировки, определяемый в виде:

$$k_{\bar{o}} = \frac{M_{om}}{M_{заб}}, \quad (1)$$

где M_{om} - крутящий момент на отстающем колесе, то есть находящемся в лучших условиях сцепления с опорной поверхностью; $M_{заб}$ - момент на забегающем колесе, условия сцепления на котором уступают отстающему колесу.

Данный коэффициент удобен для использования в диапазонах, соответствующих реальным условиям эксплуатации, и, как отмечено в работе В.В. Селифонова [1], чаще других применяется в расчётах и учебном процессе. Приводимые далее в статье значения $k_{\bar{o}}$ в отдельных случаях были преобразованы из коэффициентов другого рода.

Чаще всего в учебной и научной литературе приводится рациональное значение коэффициента блокировки, определяемое из условия реализации крутящих моментов по сцеплению ведущих колёс с дорогой. Соответствующее преобразование формулы (1) приводит к следующему выражению:

$$k_{\bar{o}} = \frac{R_{zo}\varphi_{om}r_{om} + R_{zo}f_{om}r_{om}}{R_{z3}\varphi_{заб}r_{заб} + R_{z3}f_{заб}r_{заб}}, \quad (2)$$

где R_{zo} , R_{z3} - вертикальные реакции на отстающем и забегающем колесе соответственно; φ_{om} , $\varphi_{заб}$ - коэффициенты сцепления отстающего и забегающего колёс с опорной поверхностью соответственно; f_{om} , $f_{заб}$ - коэффициенты сопротивления качению отстающего и забегающего колёс соответственно, r_{om} , $r_{заб}$ - радиусы качения отстающего и забегающего колёс соответственно.

В различных работах производится упрощение формулы (1) с целью получения универсального выражения рационального значения k_{δ} по условию сцепления колёс с дорогой. Так, в работе В.В. Осепчугова и А.К. Фрумкина [2] принимаются равными значения R_{z0} и R_{z3} , f_{om} и $f_{заб}$, r_{om} и $r_{заб}$ соответственно. Максимальное значение k_{δ} с учётом данных упрощений предлагается не более 8,0. Такое же значение приводится в более ранней работе [3].

Однако И.А. Левиным в работе [4] доказана необходимость учёта изменения названных параметров в процессе движения и установлено, что рациональное значение k_{δ} находится в диапазоне 1,0...7,0.

В.В. Селифонов в работе [1] также указал, что максимальное значение k_{δ} должно быть не более 8,0, однако отметил, что данная рекомендация не относится к случаю отрыва одного из колёс от дороги и потери сцепления.

Автором данной статьи в работах [5, 6] показано, что диапазон k_{δ} может быть расширен в больших пределах, так как динамика параметров, входящих в формулу (2), при построении математической модели автоматически блокируемого дифференциала в ряде случаев приводит к рациональным значениям, которые выходят из приводимых выше диапазонов.

Однако при проектировании и выборе типа дифференциала с повышенным трением следует определиться с границей степени блокирования для наиболее вероятных условий движения. В данном вопросе существуют различные рекомендации, обычно опирающиеся на определённые условия эксплуатации, тип автомобиля и другие факторы.

В ранних научных трудах обычно приводятся бóльшие значения k_{δ} , например в работе [3] предложены рациональные ограничения в пределах 5,0...6,0. В работе [7] рекомендован примерный диапазон рациональных значений k_{δ} самоблокирующегося дифференциала - около 3,0...5,0, аналогичная рекомендация приведена в более поздней работе [8]. В.В. Селифонов в работе [1] предложил рациональное значение k_{δ} , равное 4,0.

Известны и другие диапазоны k_{δ} , заметно отличающиеся от названных. В учебнике [9] предложен диапазон 1,86...3,00. Н.М. Исхаков в работе [10] рекомендовал ещё меньшие значения в диапазоне 1,5...2,5, исходя из требований обеспечения управляемости легкового автомобиля.

Современные конструкции самоблокирующихся дифференциалов весьма разнообразны и могут обеспечить тот или иной диапазон при надлежащем выборе технических параметров. Основная сложность задачи выбора рационального диапазона связана с разнообразием условий эксплуатации для различных типов автотранспортных средств.

Автор статьи в работах [11, 12] показал необходимость вероятностного подхода к выбору рационального ограничения степени блокировки. По данным дорожных испытаний установлено, что повышение степени блокирования до 2,0 не оказывает существенного влияния на расход топлива для вероятного соотношения пробега легкового автомобиля по дорогам с разным покрытием и

в малой степени – по бездорожью. Для межколёсного дифференциала переднеприводного автомобиля установлено, что рациональный диапазон k_{δ} в пределах 1,947...2,157 обеспечивает реализацию крутящих моментов на колёсах в 90-95 % дорожных ситуаций.

Следует также принимать во внимание возможное влияние природно-климатических условий эксплуатации автомобиля. Отечественные автомобили могут выполнять транспортную работу как на зимниках Сибири, так и в жарком климате или в горных условиях. В таких ситуациях под воздействием атмосферных явлений изменяются размеры и упругость деталей, что приводит к отклонению зазоров или натягов в механизмах от требуемых значений. Изменяется и температура трансмиссионного масла, что также существенно влияет на условия трения деталей [13]. Влияние коэффициента трения на коэффициент блокировки можно оценивать с помощью предложенной автором статической характеристики дифференциала [14].

Рациональный выбор диапазона блокирования позволит получить конструкцию межколёсного дифференциала, обеспечивающую высокие тяговые свойства и проходимость при сохранении требуемого уровня управляемости и топливной экономичности.

Список литературы

1. Селифонов В.В. Теория автомобиля. Учебное пособие. – М.: ООО «Гринлайт», 2009. 208 с.
2. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчёта. Учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1989. 304 с.
3. Литвинов А.С., Ротенберг Р.В., Фрумкин А.К. Шасси автомобиля. Конструкция и элементы расчёта. – М.: Машгиз, 1963. – 504 с., ил.
4. Левин И.А. О рациональной степени блокировки дифференциалов многоприводного автомобиля // Автомобильная промышленность, 1964, № 3. С. 14-17.
5. Барыкин, А.Ю. О выборе коэффициента блокировки межколёсного дифференциала / “Проблемы конструирования, производства и эксплуатации современных колёсных машин”. Межвуз. сборник научных трудов. - Наб. Челны: КамПИ, 1999. С. 21-31.
6. Барыкин, А.Ю. Основы теории современных дифференциалов. – Набережные Челны: КамПИ, 2001. 277 с.
7. Вишняков Н.Н., Вахламов В.К., Нарбут А.Н., Островцев А.Н., Шлиппе И.С. Автомобиль (основы конструкции). - М.: Машиностроение, 1976. 296 с.
8. Гладов, Г.И. Многоцелевые гусеничные и колёсные машины: конструкция. Учебн. для вузов / Г.И. Гладов, А.В. Вихров, В.В. Кувшинов, В.В. Павлов. // Под ред. Г.И. Гладова. – М.: Транспорт, 2001. 272 с.
10. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф. Конструирование и расчёт автомобиля. // Учебник для студентов вузов. – М., Машиностроение, 1984. 376 с.

11. Исхаков Н.М. Выбор рациональных характеристик трансмиссионных вязкостных муфт легковых полноприводных автомобилей // Дисс. ... канд. техн. наук. – М.: МАМИ, 1998. 114 с.

12. Барыкин, А.Ю. Самоблокирующийся дифференциал: вероятность и способы использования сцепления колёс с дорогой // Автомобильная промышленность, № 9, 2004. С. 17-21.

13. Барыкин, А.Ю. О рациональной степени блокирования межколёсного дифференциала переднеприводного автомобиля // Автомобильная промышленность, № 12, 2013. С. 11-12.

14. Барыкин, А.Ю. Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев // Грузовик, 2018. № 8. С. 7-10.

15. Барыкин, А.Ю. К вопросу стабильности блокирующих свойств дифференциалов различного типа / «Образование и наука – производству». Сборник трудов Междунар. научно-техн. и образовательной конф. В 2-х ч. Ч. 1, кн. 2. – Наб. Челны: ИНЭКА, 2010. С. 102-105.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДАЧИ СМАЗКИ К ШАТУННОМУ ПОДШИПНИКУ ЧЕРЕЗ ВРАЩАЮЩИЙСЯ КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ ДЛИННОХОДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740.50-360

Е.П. Барыльникова, А.А. Гафиятуллин, И.Р. Ахметзянов

Набережночелнинский институт (филиал)

ФГАОУ ВО “Казанский (Приволжский) федеральный университет”

Набережные Челны, Россия

Аннотация. В работе проведён теоретический анализ условий разрыва масляного потока к шатунным подшипникам двигателя внутреннего сгорания в процессе эксплуатации. По результатам работы даны рекомендации по исследованию надёжности шатунных подшипников в двигателях с изменёнными каналами коленчатого вала.

Ключевые слова: *расход масла, давление масла, условия разрыва масляного потока, каналы коленчатого вала.*

RESEARCH OF SUPPLY OF LUBRICANT TO THE CONROD BEARING THROUGH THE ROTATING CRANKSHAFT OF THE LONG-STROKE KAMAZ-740.50-360 ENGINE

E.P. Barylnikova, A.A. Gafiyatullin, I.R. Akhmetzyanov

Naberezhnye Chelny Institute (branch) FSAEI of HE “Kazan (Volga Region) Federal University” Naberezhnye Chelny, Russia

Annotation. In this paper, a theoretical analysis of the conditions of rupture of the oil flow to the connecting rod bearings of the internal combustion engine during operation. According to the results of the work, recommendations were given on researching the reliability of connecting rod bearings in engines with modified crankshaft channels.

Keywords: *oil consumption, oil pressure, oil flow rupture conditions, crankshaft channels.*

Анализ статистики проворачивания шатунных вкладышей коленчатого вала и отложений в полостях шатунных шеек [1] свидетельствует о том, что через шатунную шейку, на которой произошло проворачивание вкладышей, проходило меньшее количество масла. Следовательно, фактором, способствующим проворачиванию вкладышей, является снижение расхода масла через шатунный подшипник.

Недостаточная смазка подшипников коленчатого вала связана с конструкцией и эксплуатацией системы смазки двигателя. Масло, подаваемое масляным насосом, идет на смазку и охлаждение распределительного вала, цилиндропоршневой группы, турбокомпрессоров, коренных и шатунных вкладышей.

Закономерности изнашивания и изменения геометрической формы деталей в процессе эксплуатации обуславливают появление отказов – то есть нарушение работоспособности. Зачастую отказ истолковывают как дискретное событие. Однако, дискретность соответствует критической стадии развития отказа, при которой возникают недопустимые (патологические) нарушения технического состояния. В процессе эксплуатации важно предупредить его возникновение, что можно сделать на основе кинетики предотказного состояния [2, 3].

Рассмотрим наиболее распространенную схему подвода масла к шатунным подшипникам, которая используется и на двигателях КамАЗ-740 (рис. 1). Масло по каналам в блоке цилиндров подводится в кольцевую канавку, выполненную в верхнем коренном вкладыше. Из нее по одному или диаметрально противоположным каналам масло входит в коленчатый вал. При этом подача масла может быть пульсирующей или непрерывной. На двигателях КамАЗ-740 для первой шатунной шейки масло подается с пульсациями через одно отверстие, а для остальных непрерывно. Пройдя по каналам, масло поступает в центробежную ловушку, из которой через два отверстия, просверленных противоположно друг другу в плоскости, перпендикулярной кривошипу (позднее через одно отверстие), масло поступает в шатунный подшипник одного и другого цилиндров.

Для постоянного подвода масла в шатунный подшипник давление на входе в него $P_{ш}$ незначительно отличается от давления в коренных подшипниках [4]

$$P_{ш} = P_{к} + \gamma \cdot \frac{\omega^2}{2g} \cdot (r_{ш}^2 - r_{к}^2) - k \cdot P_{к}, \quad (1)$$

где $P_{к}$ - давление масла на входе в коренной подшипник; k - коэффициент потерь из-за утечек в кольцевом канале вкладыша; $r_{к}$ - радиус коренной шейки; $r_{ш}$ - радиус вращения выходных отверстий в шатунном подшипнике (кривошипа); ω - угловая скорость; γ - плотность масла; g - ускорение силы тяжести.

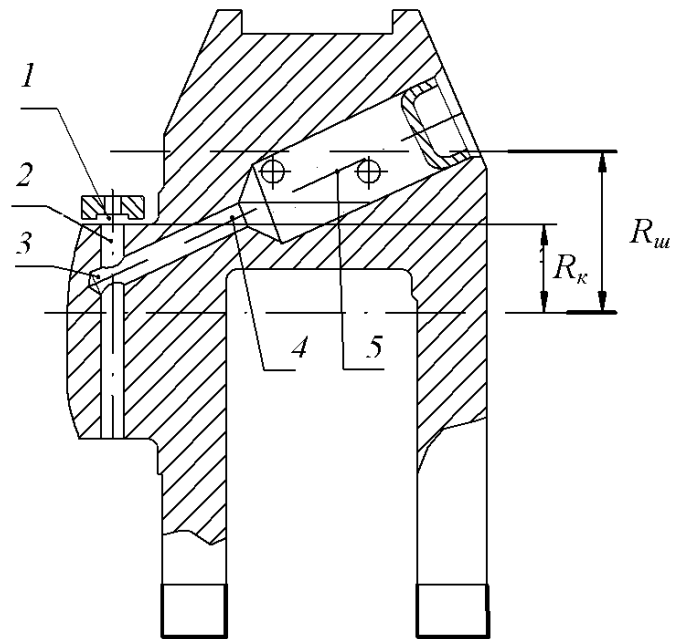


Рис.1.Схема смазки шатунного подшипника двигателя КамАЗ до изменения:
 1- кольцевой канал; 2- канал в коренной шейке; 3- вход в канал подвода к шатунной шейке; 4- канал подвода; 5- полость

В уравнении (1) $P_k - k \cdot P_k$ – это давление непосредственно в кольцевом канале коренного подшипника (определяется экспериментально). Однако, в уравнении (1) не учитываются потери давления, связанные с переходом из кольцевого неподвижного канала вкладыша во вращающийся канал коленчатого вала. При отсутствии вращения коленчатого вала переход из кольцевого канала в канал коленчатого вала ($\omega=0$) из точки 1 в точку 2 (рис. 1) давление в этих точках будет равно

$$P_1 = P_2. \quad (2)$$

При вращении коленчатого вала равенство (2) нарушается. Рассмотрим удельную энергию жидкости в точках 1 и 2, используя уравнение Бернулли для точки 1 [5]

$$E_1 = \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1. \quad (3)$$

Жидкость в кольцевом канале коренного подшипника неподвижна и $V_1=0$ (V_1 - скорость в точке 1; Z_1 - кинетическая энергия в точке 1) $Z_1=0$, тогда

$$E_1 = \frac{P_1}{\gamma}. \quad (4)$$

Поскольку в точке 2 жидкость совершает сложное движение, то она приобретает скорость движения (V_2) в переносном движении (окружную скорость)

$$V_2 = \omega \cdot r_k. \quad (5)$$

Поэтому ее энергия складывается из энергии давления в относительном движении и кинетической энергии вращения в переносном движении

$$E_2 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma}. \quad (6)$$

Так как переход из точки 1 в точку 2 совершается только за счет внутренней энергии единицы массы жидкости без дополнительного сообщения энергии извне, то

$$E_1 = E_2, \quad (7)$$

откуда

$$P_2 = P_1 - \gamma \cdot \frac{v_2^2}{2g}. \quad (8)$$

То есть, при переходе масла из канавки вкладыша в канал коренной шейки давление снижается на величину

$$\Delta P_k = \gamma \cdot \frac{v_2^2}{2g} = \gamma \cdot \frac{\omega^2 \cdot r_k^2}{2g} = \gamma \cdot \frac{1}{2g} \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 \cdot r_k^2 \cdot 10^{-4}, \quad (9)$$

где n - частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ; r_k - радиус коренной шейки ($4,75 \cdot 10^{-2} \text{ м}$); $\gamma = 900 \text{ кг/м}^3$ - плотность масла; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала может происходить «динамическое запираение» канала в коренной шейке. Расчет по формуле (9) показали, что при $n = 2930 \text{ мин}^{-1}$ потери давления составляют $0,09 \text{ МПа}$. Следовательно, в выражении (1) должны учитываться и эти потери

$$P_{\text{ш}} = P_k + \gamma \frac{\omega^2}{2g} (r_i^2 - r_r^2) - k \cdot P_k - \Delta P_k. \quad (10)$$

По результатам расчетов потери давления от кольцевого канала коренного подшипника до оси коленчатого вала составляют

$$\Delta P_{13} = \gamma \frac{\omega^2}{2g} r_r^2 + \Delta P_k = 0,18 \text{ МПа}. \quad (11)$$

Измерение давления в кольцевом канале коренного подшипника [6] позволило определить величину потерь давления на утечки и гидравлические сопротивления, $k \cdot P_k$ при $n = 2930 \text{ мин}^{-1}$ которые составили $0,12 \text{ МПа}$. Следовательно, при номинальном давлении в системе смазки $0,45 \text{ МПа}$ [7] при частоте $n = 2930 \text{ мин}^{-1}$ до точки 3 (рис. 1) теряется давление $\Delta P_{\Sigma} = 0,3 \text{ МПа}$ или 67% и составляет в ней $P_3 = 0,15 \text{ МПа}$.

Приращение давления от центробежных сил на участке 3-5 (рис. 1) до шатунных подшипников при $n = 2930 \text{ мин}^{-1}$ составляет

$$\Delta P_{\text{цб}} = \gamma \cdot \frac{\omega^2}{2g} \cdot r_{\text{ш}}^2 = 0,15 \text{ МПа}. \quad (12)$$

При достижении равенства $P_3 = P_{\text{цб}}$ может наступить разрыв потока масла в шатунный подшипник. На режимах, когда $\Delta P_{\text{цб}}$ превышает давление на входе в канал подвода к шатунной шейке P_3 , может наступить разрыв потока масла, что приводит к снижению расхода масла через подшипник и появлению пульсаций. В этих условиях значительно ухудшается отвод тепла от шатунных подшипников, что повышает напряженно-деформированное состояние шатунных вкладышей и повышает вероятность их проворачивания.

При определенных условиях эксплуатации режимах работы двигателя (скоростном, тепловом, нагрузочном) расход масла через сопряжения деталей и каналы обусловлен геометрическими параметрами, свойством масла и движением. Используя уравнения расхода жидкости через отверстия и насадки [5] определим расход масла в точке 1 (рис. 1)

$$Q_1 = Q_s + Q_k = \mu F_s \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma}} + \mu F_k \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma}} = \mu \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma}} (F_s + F_k), \quad (13)$$

где Q_1 - расход масла через точку 1 (рис. 1); Q_s - расход масла через зазоры в коренном подшипнике; Q_k - расход масла через канал в коренной шейке в точке 2 (рис. 1); μ -коэффициент расхода; F_s - площадь поперечного сечения сопряжения вал-коренной вкладыш через зазор S ; F_k -площадь поперечного канала в коренной шейке; P_1 - давление жидкости в точке 1 (рис. 1);

В процессе эксплуатации, вследствие изнашивания, зазор S в коренном подшипнике возрастает по экспоненциальной зависимости [8,9]

$$S = S_0 e^{bl}, \quad (14)$$

где S_0 - зазор в конце приработки, приведенный к началу эксплуатации; b - коэффициент интенсификации, учитывающий влияние зазора на интенсивность изнашивания; l - наработка двигателя.

Расход масла в точке 1 обусловлен производительностью масляного насоса, которая изменяется с износом незначительно [10,11] (2-3%) поэтому, можно считать, что $Q = const$. Площадь сечения F_s связана с зазором S линейно. С учетом (14) получим

$$F_s = \pi r_k S_0 e^{bl} = F_{s0} \cdot e^{bl} \quad (15)$$

где $F_{s0} = \pi r_k S_0$ - площадь сечения в конце приработки, приведенная к началу эксплуатации.

Поэтому в процессе эксплуатации Q_s возрастает по экспоненциальной зависимости

$$Q_s = Q_{s0} \cdot e^{bl} \quad (16)$$

где $Q_{s0} = \mu \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma}} F_{s0}$ - расход через коренной подшипник в конце приработки, приведенный к началу эксплуатации (рис. 2). С учетом условия (13) для Q_k получим

$$Q_k = Q_1 - Q_s = Q_1 - Q_{s0} \cdot e^{bl}. \quad (17)$$

Из шатунных шеек (грязеуловителей) вследствие роста зазоров расход через зазоры увеличивается аналогично Q_s (16)

$$Q_{ш} = \mu F_{ш} \sqrt{2g \frac{P_{ш}}{\gamma}} = \mu \sqrt{2g \frac{P_{ш}}{\gamma}} F_{ш0} e^{bl} = Q_{ш0} e^{bl}, \quad (18)$$

где $Q_{ш0}$ - расход через шатунный подшипник в конце приработки, приведенной к началу эксплуатации; $P_{ш}$ - давление масла в шатунной полости.

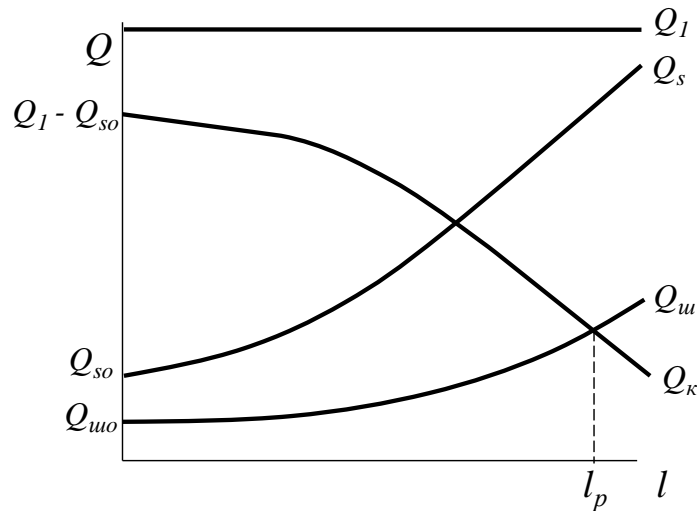


Рис. 2. Изменение расхода масла через подшипники коленчатого вала в процессе эксплуатации

Эти соотношения показывают, что условие разрыва масляного потока к шатунным подшипникам ($Q_k = Q_{шш}$) наступает при l_p (рис. 2) или

$$Q_1 - \mu F_{с0} \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma}} e^{bl} = \mu F_{ш0} \sqrt{2g \frac{P_{ш}}{\gamma}} e^{bl}. \quad (19)$$

Проведем анализ изменения этого условия в процессе эксплуатации. Видно из условия (19), что в процессе эксплуатации существенно изменяются давление масла и площадь поперечного кольцевого сечения в коренных и шатунных подшипниках.

В новых двигателях площадь поперечного кольцевого сечения в коренном подшипнике при середине поля допуска на зазор 0,126 мм [12] составляет

$$F_{кш} = 3,14 \cdot 47,5 \cdot 0,126 = 18,8 \text{ мм}^2,$$

для шатунных подшипников при середине поля допуска на зазор 0,094 [12]

$$F_{шш} = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 0,094 = 23,6 \text{ мм}^2.$$

Площадь отверстия в коренной шейке составляет

$$F_{кш} = \pi r_{кш}^2 = 3,14 \cdot 3^2 = 28,26 \text{ мм}^2.$$

в шатунной

$$F_{шш} = \pi r_{шш}^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 3^2 = 58,52 \text{ мм}^2,$$

а при двух отверстиях - 113,04 мм².

Видно, что в коренном подшипнике нового двигателя расход через канал коренной шейки в среднем в 1,5 раза выше, чем через зазоры в подшипнике. В шатунном подшипнике расход через канал в шатунной шейке (в грязеуловителе) в среднем в 2,32 раза выше, чем через зазоры в подшипнике, а при двух отверстиях для смазки - в 4,78 раза. Эти соотношения показывают, что вероятность разрыва масляного потока к шатунным подшипникам, то есть наступление условий (19), в новом двигателе очень мала. Видно также, что второе отверстие для смазки в шатунной шейке лишнее, так как обеспечивает излишнее резервирование расхода, но способствует снижению давления в шатунном подшипнике.

По мере изнашивания шеек и вкладышей зазоры увеличиваются. Так по данным [3] предельный зазор в коренных и шатунных подшипниках двигателей КАМАЗ -740 составляют соответственно 0,24 и 0,22 мм. При этом

$$F'_{кр} = 3,14 \cdot 47,5 \cdot 0,24 = 35,8 \text{ мм}^2,$$

$$F'_{штп} = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 0,22 = 50,24 \text{ мм}^2.$$

Пропорционально увеличению площади повышается и расход масла через коренные подшипники. Расход повышается в 1,9 раза, что существенно сократит расход через канал в коренной шейке. Расход через шатунный подшипник возрастает в 2,12 раза. Это существенно повышает вероятность разрыва масляного потока к шатунным подшипникам (условие 19).

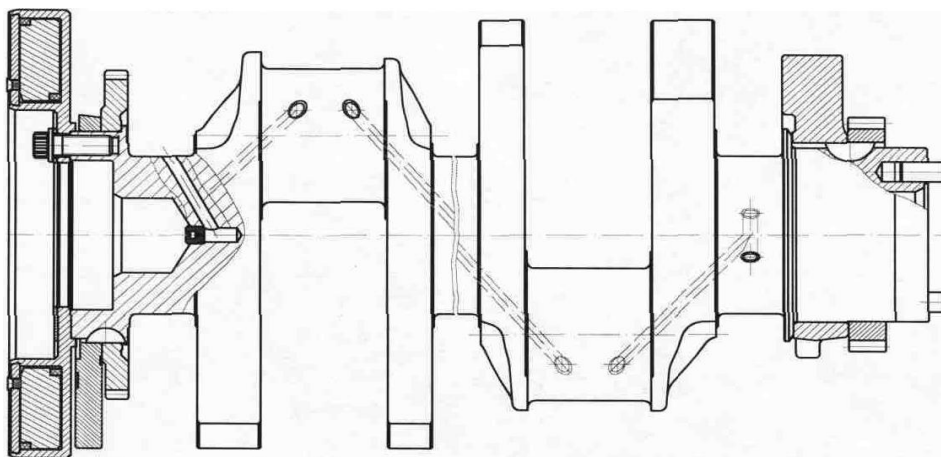


Рис.3. Коленчатый вал с измененными каналами без центробежной ловушки для двигателей КАМАЗ-740.13-260, 740.14-300 ($R_{кр} = 60 \text{ мм}$) и 740.50-360 ($R_{кр} = 65 \text{ мм}$)

В двигателях КАМАЗ с усовершенствованной конструкцией коленчатого вала без полостей в шатунных шейках (рис. 3) [13] условия смазки шатунных подшипников изменились за счет нескольких факторов. Во-первых, диаметр масляных каналов в коренных шейках увеличен с 6,2 до 8 мм. Во-вторых, уменьшилось количество изменений направления масляных каналов, что сократило гидравлические потери. В-третьих, выход отверстий в шатунных шейках расположен по радиусу 79 мм, что значительно выше радиуса кривошипа и это повысит центробежную составляющую приращения давления в шатунном подшипнике. В-четвертых, направление выхода каналов составляет с направлением относительного движения вкладышей острый угол (в отличие от прямого в прежней конструкции), что также сокращает гидравлические потери, способствует стабилизации масляного клина.

Все это способствует изменению условий, приведенных в выражениях (1-19) для обоснования разрыва масляного потока к шатунным подшипникам. Существующая разница может сказаться на смазке шатунных подшипников и их проворачивании, поэтому необходимо провести расчеты и экспериментальные исследования по ранее разработанным методикам.

Список литературы

1. Денисов А.С., Кулаков А.Т., Анализ причин эксплуатационных разрушений шатунных вкладышей двигателей КамАЗ-740 // Двигателестроение, 1981, № 9. С. 37-40.
2. Денисов А.С. Теоретические основы автосервиса. Изменение технического состояния элементов автомобиля в процессе эксплуатации. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. 118с.
3. Денисов А.С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. – Саратовский госуд. техн. ун-т: Саратов, 1999. 350с.
4. Смирнов В.Г., Лучинин Б.Н. Повышение долговечности деталей автомобильных двигателей за счет совершенствования конструкции систем смазки. – М.: НИИНавтопром, 1980. 59с.
5. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. М.: Машиностроение, 1971.543с.
6. Кулаков А.Т. Разработка способа диагностирования шатунных подшипников двигателей и практических рекомендаций для снижения их отказов в процессе эксплуатации (на примере КамАЗ-740). Дис...канд. техн. наук. - Саратов, 1986. 173с.
7. Двигатель КамАЗ 740.11-240 Руководство по эксплуатации 740.11-3902001РЭ, Набережные Челны, 1977. 120с.
8. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. – М.: Транспорт, 1985.215с.
9. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля. – М.: Транспорт, 1993.352с.
10. Григорьев М.А., Смирнов В.Г. и др. Исследование распределения потока масла в автомобильном двигателе. – В сб.: Труды НАМИ. Вып. 117. М.; 1979.
11. Григорьев М.А., Смирнов В.Г.Баланс распределения масла по потребителям в системе смазки автомобильных двигателей // Труды семинара по очистке воздуха, масла и топлива с целью увеличения долговечности двигателей Вып. 10, кн.1, М.: ОНТИ. С.83-89.
12. Автомобили КамАЗ. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту. М.: В/О Автоэкспорт.415с.
13. Денисов А.С., Кулаков А.Т., Светличный Н.И., Гафиятуллин А.А. Совершенствование конструкции коленчатого вала двигателей КамАЗ // Двигателестроение. 2003. №3.С. 24-26.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДМЭ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

С.В. Беляев, Г.А Давыдков

Петрозаводский государственный университет

Аннотация. Статья посвящена проблемам поиска новых видов топлив для транспорта, отвечающих самым строгим экологическим требованиям. Среди альтернативных топлив особое внимание в последнее время уделяется и диметиловому эфиру ДМЕ. Дается анализ свойств этого топлива и применение на транспорте.

Ключевые слова: диверсификация топлив, альтернативные топлива, диметиловый эфир.

PROBLEMS OF APPLICATION OF DME IN DIESEL ENGINES

S.V. Belyaev, G.A. Davydkov
Petrozavodsk State University

Summary. It is not surprising that interest in DME– and DME production – has increased dramatically in this past decade. Global DME as diesel fuel production uncreases last decade. In some regions, especially Europe, DME use has also increased substantially in recent years. Perhaps most importantly, countries all around the world are now looking seriously at increasing production and use of DME, and many have put policies in place to ensure that such an increase occurs.

Keywords: *fuel diversification, alternative fuels, dimethyl ether.*

С точки зрения защиты окружающей среды развитие автомобилей и их приводов определяется в дальнейшем постоянно ужесточаемыми требованиями к отработавшим газам. Кроме этого, мероприятия по сокращению расхода топлива и эмиссии CO₂ все больше влияют на концепцию оптимизации автомобилей и привода.

Поэтому долгосрочное гарантированное снабжение энергоносителями для транспорта предполагает наряду с бережным обращением с топливом среднюю и долгосрочную диверсификацию источников энергии для производства топлива, в особенности с включением альтернативных и возобновленных

Значительная часть потребления энергоносителей приходится на транспорт и прежде всего автомобильный. Изготовители транспортных средств поставлены перед необходимостью развивать и внедрять в эксплуатацию новые, более энергетически эффективные и экологически чистые способы их приведения в движение – например, с использованием нетрадиционных видов топлива, к которым относятся: спиртовые топлива (этанол и метанол), биодизель, жидкости Фишера-Тропша, водородные топлива и т.д. [3, 7].

По мере истощения запасов ископаемых топлив, роста их стоимости и увеличения количества энергопотребителей, все острее встает вопрос о поиске альтернативных источников энергии. В тех странах, где запасы нефти и природного газа крайне ограничены, альтернативные виды топлива применяются довольно давно. А в странах, где постоянно ужесточаются требования к охране окружающей среды (Европа, Япония, США), активно проводится национальная политика по применению более экологически чистых альтернативных топлив для транспорта. Одним из возможных вариантов является использование синтетических жидких топлив. Основой для них является синтез-газ, представляющий собой смесь угарного газа и водорода в различных пропорциях, с использованием металлических и синтетических катализаторов. Наиболее разработанной является технология Фишера-Тропша, позволяющая получать из синтез-газа метанол, этанол и другие жидкие горючие органические соединения из отходов сельского хозяйства и сточные воды городской канализации.

Главным требованием к автомобилям является соблюдение международных норм по выбросам вредных веществ с отработавшими газами.

Поиск новых путей повышения ценности природного газа ускорил развитие так называемых технологий «газ – в жидкость», позволяющих производить синтетические жидкие топлива из природного газа, такие как средние дистилляты, «метанол» и «диметиловый эфир» (ДМЭ) Диметиловый эфир — экологически чистое топливо без содержания серы, содержание оксидов азота в выхлопных газах на 90% меньше, чем у дизельного топлива. Цетановое число диметилового дизеля более пятидесяти пяти, притом, что у классического нефтяного тридцать восемь – пятьдесят три [5, 6].

Применение диметилового эфира требует переделки системы питания автомобиля в частности: установки газобаллонного оборудования, корректировка смесеобразования и момента подачи топлива. Без переделки возможно применение до 30% содержания ДМЭ в топливе.

У ДМЭ есть ряд преимуществ по сравнению с дизельным топливом и другими альтернативными видами топлива. В нормальных условиях это газ, и его молекулы не имеют химических связей углерод–углерод, что исключает образование в пламени радикалов C_2 , способствующих сажеобразованию при сгорании топлива в цилиндре двигателя. При этом снимется главная проблема дизеля – карбонизация значительной части топлива с последующим замедлением скорости выгорания дисперсного углерода. К благоприятным физико-химическим параметрам ДМЭ относят повышенную испаряемость, что снижает требования к дисперсности распыления, позволяет понизить давление впрыска и обеспечивает хорошее смесеобразование. Отличная самовоспламеняемость в дизельном двигателе, как было сказано выше у ДМЭ цетановое число ЦЧ = 55...60 по сравнению с ЦЧ = 45...50 для дизельного топлива, улучшает пусковые качества и способствует «мягкому» сгоранию. Высокое содержание в ДМЭ связанного кислорода (35%) повышает равномерность распределения в камере сгорания, препятствуя образованию NO_x , наиболее агрессивного компонента дизельного топлива. Использование диметилэфира – это практически полное отсутствие дымности отработавших газов и значительное снижение шумности работы двигателя [1, 2].

Немаловажно и то, что по физическим свойствам ДМЭ подобен пропан-бутановым газам. В частности, ДМЭ имеет близкие значения параметров насыщения: температура перехода в жидкую фазу минус 25 °С (у пропана – минус 50 °С), давление насыщенных паров 5,1 кгс/см² (у пропана – 8 кгс/см²) при температуре 20°С. Как пропан и бутан, ДМЭ хранится в сжиженном состоянии в газовом баллоне под низким давлением. Технология работы со сжиженными газами достаточно хорошо отработана [4].

Результаты испытаний дизелей, работающих на ДМЭ, показали возможность значительно снизить уровень вредных выбросов отработавших газов. Так, в три – четыре раза отмечено снижение окислов азота NO_x при практически бездымной работе двигателя на всех режимах. Кроме того, при работе на ДМЭ выявлено сохранение, а на некоторых режимах и улучшение до

5% экономичности дизеля, повышение его эффективного к.п.д. по сравнению с работой на дизельном топливе.

Основным недостатком ДМЭ является малая кинематическая вязкость (на порядок меньше, чем дизельного топлива), в результате чего затрудняется герметизация подвижных узлов уплотнения топливной аппаратуры, а также повышается склонность к задирам прецизионных трущихся пар. По сравнению со сжиженным природным газом теплотворная способность на тонну диметилэфира на 45% ниже теплотворности на тонну сжиженного природного газа. Для производства диметилэфира требуется не только более высокий уровень предварительных капиталовложений, но и больший объем сырьевого газа для производства продукта с эквивалентной теплотворной способностью. Для снижения выбросов СО и СН необходимо предусмотреть дополнительные меры конструкционного характера [5].

Адаптация обычных дизелей для работы на диметиловом эфире заключается в модернизации существующей топливоподающей аппаратуры. Поскольку плотность ДМЭ на 20%, а удельная массовая теплотворность на 32% ниже, чем дизельного топлива, для сохранения энергоемкости объемная подача ДМЭ в цилиндры двигателя должна быть значительно большей. Для устранения склонности к задирам прецизионных трущихся пар в конструкции топливоподающей аппаратуры необходимо предпринять специальные меры, например, подвод к плунжерным парам масла под давлением с целью их уплотнения и смазки, а также подмешивание к ДМЭ специальной противозадирной присадки.

ДМЭ легко превращается в бензин, характеризующийся повышенным экологическим качеством (преобладание разветвленных углеводородов) и минимальным содержанием нежелательных примесей (сера отсутствует, содержание бензола на уровне 0,1% при норме 1%, содержание непредельных углеводородов ~1%, что обеспечивает высокую стабильность бензина).

Наиболее серьезная проблема, выявленная в ходе проведенных эксплуатационных испытаний, была связана с возникновением на ряде рабочих режимов т.н. «провалов» в работе двигателя после его прогрева, наиболее часто проявляющихся при повышенных температурах окружающей среды. В результате изучения этого дефекта было установлено, что «провалы» вызваны появлением паровых пробок в нагнетательных топливопроводах, когда остаточное давление в топливопроводе опускается ниже давления насыщенных паров ДМЭ.

Таблица 1

Некоторые свойства дизельного, ДМЭ и других альтернативных топлив

Свойство	Диметиловый эфир	Дизельное топливо	Метанол	Этанол	Метан
Теплотворная способность, МДж/кг	28,8	42,5	19,5	25,0	50,0
Плотность, г/см ³	0,66	0,84	0,79	0,81	—
Цетановое число	55-60	40-55	5	8	—
Температура самовоспламенения, °С	235	250	450	420	650

Продолжение таблицы 1

Свойство	Диметиловый эфир	Дизельное топливо	Метанол	Этанол	Метан
Соотношение воздух/топливо	9,0	14,6	6,5	9,0	17,2
Температура кипения, °С	-25	180-370	65	78	-162
Теплота испарения при 20°С, кДж/кг	410	250	1110	904	—
Пределы воспламенения (в воздухе), %	3,4-18	0,6-6,5	5,5-26	3,5-15	5-15

Как универсальное, эффективное и экологически чистое топливо ДМЭ может быть использован более широко. На гораздо более высоком энергетическом, экологическом и экономическом уровне ДМЭ может заменить собою любые твёрдые, жидкие и газообразные виды топлива, существующие в настоящее время [6].

С этой целью ДМЭ можно применять в производственных процессах промышленности, на разного, рода электростанциях, в котельных, в быту и, конечно, на транспорте, при этом при попадании в атмосферу ДМЭ быстро распадается и исчезает, причём ДМЭ можно длительно хранить без затрат дополнительной энергии.

Надо отметить, что применение ДМЭ для автомобильных двигателей является особенно актуальным из-за острой необходимости защиты окружающей среды городов и населённых пунктов

Список литературы

1. Protect of Synthetic Liquefied Gas –DME and LPG- Kaoru Fujimoto, 23 World Gas Conference, Jun. 5-9, 2006.
2. Розовский А.Я. Диметиловый эфир и бензин из природного газа. Рос.хим.ж, 2003, 6. 53-61с.
3. Топлива для современных и перспективных автомобилей Учеб. пособие / С.В.Беляев, Беляев В.В. 2005. – 236 с.
4. Kikkawa Y. and Aoki I., 1998, "Dimethyl ether fuel proposed as an alternative to LNG", Oil & Gas Journal, Vol. 96 (No.14), pp 55–59.
5. New direct synthesis Technology for DME and its application Technology. JFE Technical Report №8 (Jct. 2006) p.34-40.
6. Protect of Synthetic Liquefied Gas –DME and LPG- Kaoru Fujimoto, 23rd World Gas Conference, Jun. 5-9, 2006.
7. Воропай Н. И. Глобальные тенденции в энергетике на рубеже столетий // Энергия: экономика, техника, экология, № 12, 2000.С. 38-31.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЛЕСНАЯ МАШИНА

А.С. Васильев

Петрозаводский государственный университет

Аннотация. показаны пути совершенствования лесной техники путем создания многофункциональных машин, в основе которых лежит использование колесного или гусеничного базового шасси и различного навесного оборудования.

Ключевые слова: *лесная машина, лесозаготовка, машиностроение.*

MULTI FUNCTIONAL FOREST MACHINE

A.S. Vasilev

Petrozavodsk State University

Summary: the ways to improve forestry machinery are shown by creating multifunctional machines based on the use of wheeled or tracked base chassis and various attachments.

Keywords: *forest machine, logging, mechanical engineering.*

Работы в лесу предусматривают проведение различного рода операций, среди которых: валка дерева, обрезка сучьев, раскряжевка, складирование в штабеле, трелевка, измельчение древесины, заготовка дров, удаление пней, выполнение защитных противопожарных полос и др.

Для выполнения различных операций используется, как правило, узкоспециализированная техника. Для операций «валка, обрезка сучьев, раскряжевка» используется харвестер, оснащенный харвестерной головкой. Для выполнения защитных противопожарных полос – экскаватор, тракторный плуг; для разбора штабеля круглых лесоматериалов – погрузчик; для измельчения древесины – мульчер.

Проведение информационного поиска показало, что существуют попытки создания многофункциональных машин путем совмещения нескольких рабочих органов [1] и использования различного навесного оборудования [2].

В качестве примера лесной машины со совмещением нескольких рабочих органов может служить конструкция харвестерной головки, разработанная авторами и защищенная патентом России RU 181751. Отличительной чертой данной харвестерной головки является то, что наряду со стандартными операциями, она позволяет осуществлять грубую окорку древесины. Если древесина в коре не может долго храниться в штабеле вследствие ее гниения, поражения грибками и насекомыми, то использование предложенной конструкции позволит увеличить срок хранения древесины в штабеле без ее повреждения на лесных площадках и при этом не потребуются использования дополнительной окорочной машины.

Еще одним примером многофункциональной машины может служить конструкция харвестера с ковшем-балкой [3], включающего самоходное базовое шасси от экскаватора, манипулятор, шарнирно соединенное со стрелой манипулятора коромысло в виде балки. На одном конце коромысла шарнирно закреплена харвестерная головка, а на противоположном конце неподвижно закреплена ковш.

Еще одна конструкция, разработанная авторами, описана в патенте на полезную модель RU 181332 «Лесной харвестер». Лесной харвестер отличается тем, что на рукояти манипулятора шарнирно установлено коромысло, на одном конце которого установлена харвестерная головка, а на другом шарнирно закреплен челюстной клещеобразный грейферный захват. В процессе заготовки сортиментов используется харвестерная головка, а при работе с уложенным на земле штабелем сортиментов – грейферный захват.

Анализ конструктивных особенностей лесной техники позволил установить общие их черты, среди которых были выделены:

- самоходное шасси, обеспечивающее возможность самостоятельного перемещения;
- кабина – рабочее место оператора;
- манипулятор – служит для размещения рабочего агрегата и расширения технологической зоны, обслуживаемой машиной;
- рабочий агрегат – устанавливается на стреле манипулятора и определяет функционал машины;
- гидравлическая система для управления работой навесного агрегата.

Отбросив детали можно сказать, что функциональные возможности лесной машины определяются навесным оборудованием. При этом навесное оборудование имеет гидропривод. Все это говорит о возможности создания мобильного универсального лесного модуля, включающего в себя самоходное шасси, кабину, манипулятор, универсальный гидропривод для управления работой исполнительного органа. При этом конструкция стрелы манипулятора и конструкция гидропривода должны обеспечивать возможность навески различного рода рабочих органов. Такая машина потребует разработки универсального крепления для различных рабочих органов и конструкции гидропривода, обеспечивающих возможность быстрой смены рабочих органов.

Такая универсальная машина может быть востребована небольшими лесозаготовительными фирмами и индивидуальными предпринимателями, обладающими ограниченным объемом финансовых средств и ведущими небольшие объемы лесозаготовок.

При использовании нескольких узкоспециализированных машин их владельцу приходится тратить большие средства на оплату полной стоимости каждой машины (с учетом стоимости каждого шасси), а при использовании универсальной лесной машины достаточно будет покупки только одного базового шасси с кабиной и манипулятором, и комплекта навесного оборудования к нему.

Создание такой техники влечет ряд трудностей, среди которых создание универсального устройства крепления рабочего органа является наименьшей. Наибольшая трудность заключается в том, что современная техника оснащена бортовыми компьютерами со специальным программным обеспечением, поэтому создание универсальной машины потребует разработки собственной системы управления, позволяющей максимально унифицировать управление различными рабочими органами.

Также потребуется обучение операторов навыкам работ с различными навесными агрегатами. С учетом того, что работы в лесу ведутся вахтовым методом, то одним из решений этой проблемы может послужить привлечение к работе нескольких операторов в зависимости от используемого навесного оборудования и вида выполняемых работ.

Список литературы

1. Посметьев, В.И. Обеспечение устойчивости многофункциональной лесной машины для создания и восстановления лесных культур на неудобьях / В.И. Посметьев, Е.В. Пухов, В.О. Никонов // Лесотехнический журнал. 2011. № 2 (2). С.72-78.

2. Многофункциональная машина MULTIHOG (Ирландия). [Электронный ресурс]. URL: <http://dokartprofi.ru/catalog/mnogofunkcionalnaya-mashina-multihog> (дата обращения: 16.10.2018).

3. Харвестер Doosan. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.doosan-infracore.ru/articles/322/> (дата обращения: 20.10.2018).

РЕЖИМЫ НАГРУЖЕНИЯ НАВЕСНОГО ТОЛКАТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОГО СОРТИМЕНТОВОЗА САМОСВАЛЬНОГО ТИПА

А.С. Войнаш, А.В. Мошкин

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО “Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова

Аннотация. для перспективного сортиментовоза предложены формулы для расчета нагрузок на толкателе, построена номограмма нагрузок при различных параметрах сортиментовоза.

Ключевые слова: сортиментовоз, толкатель, режим нагружения.

LOADING MODES OF PUSHER LOG HAULER OF DUMPING TYPE

A.S. Voinash, A.V. Moshkin

Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University

Summary: formulas for calculating loads on the pusher are proposed for a prospective logging truck; a nomogram of loads with various parameters of a sorter truck is built.

Keywords: log hauler, pusher, loading mode.

В последние годы в России активно внедряется технология сортиментной заготовки древесины. С целью импортозамещения отечественные производители лесозаготовительной техники приступили к созданию и выпуску машин, обладающих возможностью движения в тяжелых почвенно-климатических условиях, характерных для лесозаготовительного производства в районах Сибири и Дальнего Востока.

Бывшим ОАО “Алтайское тракторостроительное объединение” (г.Рубцовск Алтайского края) был разработан гусеничный сортиментовоз ЛЗ-5, обладающий повышенными рейсовыми нагрузками и улучшенной маневренностью. Силовая установка и силовая передача сортиментовоза ЛЗ-5

заимствованы у трелевочной машины тягового класса 4, а число опорных катков по борту доведено до шести, что позволило повысить грузоподъемность шасси.

Испытания показали, что рабочий процесс сортиментовоза ЛЗ-5 сопровождается значительным количеством переместительных операций, совершаемых в вертикальном направлении в поле гравитации. При погрузке каждый сортимент должен быть поднят гидроманипулятором с опорной поверхности на высоту не менее двух метров, а затем уложен в грузовую платформу сортиментовоза. На верхнем складе стрелевантные сортименты подлежат перегрузке на лесовозные автомобили для последующей вывозки. При этом выполняется штучная или микропачками разгрузка сортиментов с грузовой платформы при помощи гидроманипулятора. Так как одной рейсовой нагрузки (примерно 10...12 м³) сортиментовоза недостаточно для полной загрузки лесовозного автомобиля, то применяется разгрузка сортиментов на грунт для их временного штабелирования с целью создания на верхнем складе достаточного запаса древесины.

Очевидно, что дальнейшее развитие техники и технологии лесозаготовок должно проходить в направлении энергосбережения за счет снижения объема переместительных операций типа “подъем-опускание сортиментов”.

Так, определенного снижения энергоемкости рабочего процесса можно достичь, если приспособить гусеничный сортиментовоз к пакетной разгрузке сортиментов, например, самосвальным методом [1]. Проблема решена в РИИ АлтГТУ на патентном уровне: предложен ряд оригинальных конструкций гусеничных сортиментовозов самосвального типа (патенты РФ №№ 91251, 2418695, 2461472).

Для временного штабелирования сортиментов при самосвальном способе разгрузки можно использовать навесной бульдозер – толкатель [2,3,4]. Проблема повышения надежности толкателя требует рассмотрения его режимов нагружения.

Допустимый уровень нагрузок на толкатель можно определить, исходя из того, что это – бульдозер легкого типа. В теории бульдозерных агрегатов номинальное толкающее усилие определяется по формуле А.А.Яркина:

$$P_{\text{ТНОМ}} = G_{\text{сц}} \cdot \varphi_{\text{кр}} , \quad (1)$$

где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес бульдозера (для гусеничных машин $G_{\text{сц}} = G_{\text{э}}$);

$\varphi_{\text{кр}}$ – коэффициент использования веса базовой машины.

Значения $\varphi_{\text{кр}}$ выбираются в зависимости от типа базовой машины: так, для гусеничных промышленных тракторов $\varphi_{\text{кр}} = 0,9$, для бульдозерных модификаций гусеничных сельскохозяйственных тракторов $\varphi_{\text{кр}} = 0,62$ и т.д. Рекомендации по выбору $\varphi_{\text{кр}}$ для лесозаготовительных машин с толкателями в литературе отсутствуют. Однако можно определить $\varphi_{\text{кр}}$, принимая, что доля массы бульдозерного оборудования в общей массе агрегата пропорциональна уровню нагрузок, реализуемых в бульдозерном агрегате.

Анализ показал, что для существующих конструкций масса бульдозерного оборудования промышленного гусеничного трактора составляет 12 ... 27% от массы агрегата. Учитывая, что масса толкателя составляет 2 ... 9% от массы лесозаготовительной машины, получаем $\varphi_{кр} = 0,25$. Следовательно, номинальное усилие для толкателей можно определить по формуле:

$$P_{\text{НОМ}} = 0,25 \cdot G_3, \quad (2)$$

где G_3 – эксплуатационный вес лесозаготовительной машины.

Расчеты по формуле (2) показали, что номинальные нагрузки на толкатели лесозаготовительных машин, выполненные на базе тракторов тягового класса 4, составляют 37...45 кН.

Рассмотрим подробнее тяговый режим, реализуемый сортиментовозом при бульдозерных нагрузках. Схема сил, действующих на сортиментовоз при штабелевке, представлена на рисунке 1.

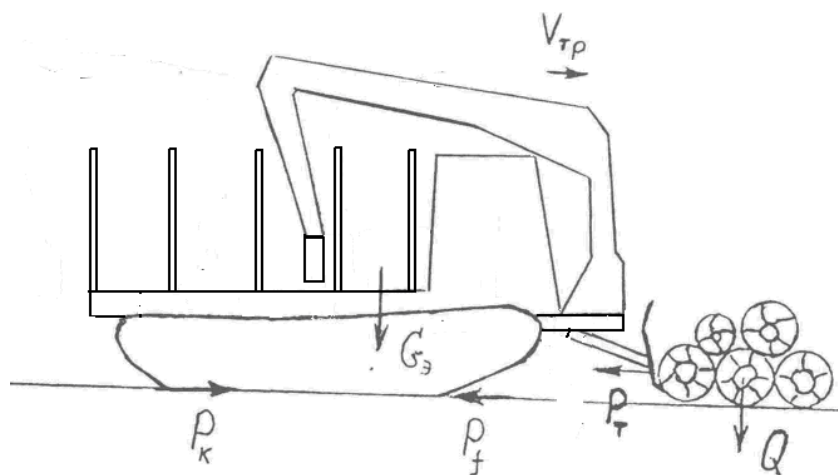


Рис.1. Силы, действующие на сортиментовоз при штабелевке

Среди обозначений, принятых на рис.1, указаны:

- P_K – касательная сила тяги;
- P_f – сила сопротивления качению;
- P_T – усилие на толкателе;
- G_3 – эксплуатационный вес машины;
- Q – вес штабелюемой пачки.

Усилие P_T на толкателе, являющееся реакцией штабелюемой пачки на ее перемещение, можно определить по формуле:

$$P_T = Q \cdot f_3, \quad (3)$$

где f_3 – коэффициент сопротивления поперечному перемещению пачки.

Численные значения коэффициента f_3 могут быть приняты в пределах 0,6...0,9.

Учитывая, что штабелевка выполняется на выровненных площадках, уравнение тягового баланса сортиментовоза в режиме установившихся бульдозерных нагрузок можно записать следующим образом:

$$P_k = f_1 \cdot G_3 + P_T, \quad (4)$$

где f_1 – коэффициент сопротивления качению машины, можно принять $f_1 = 0,2$.

Потребная для обеспечения движения мощность двигателя базового трактора может быть определена из выражения:

$$N_e = \frac{P_k \cdot V_{mp}}{3600 \eta} \text{ кВт}, \quad (5)$$

где V_{TP} – скорость движения сортиментовоза, км/ч;

η – суммарный механический КПД, учитывающий потери мощности в трансмиссии и на ведущем участке гусеничного движителя. При предварительных расчетах можно принимать $\eta = 0,80$.

Скорость движения при штабелевке можно принять в пределах 3...4 км/ч.

С учетом формул (3), (4) и (5) можно построить номограмму к определению усилий на толкателе сортиментовоза, рисунок 1. В квадранте 4 показана зависимость между мощностью двигателя и касательной силой тяги машины, построенная с использованием формулы (5). В квадранте 1 построена с использованием формулы (4) зависимость усилия на толкателе “по двигателю”, а в квадранте 2 – зависимость усилия на толкателе при перемещении пачки в процессе штабелевки, формула (3). Зона номинальных значений усилия на толкателе построена в квадрантах 1 и 2 с использованием формулы (2). Номограмма, представленная на рис.2, подтверждает необходимость ограничения нагрузок на толкателе с целью повышения надежности.

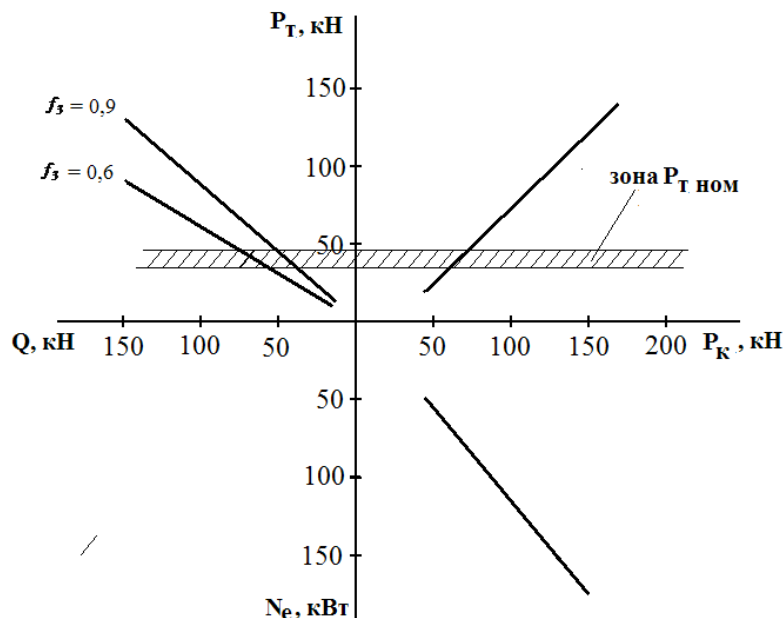


Рис.2. Номограмма к определению усилий на толкателе сортиментовоза

Список литературы

1. Войнаш, А.С. Гусеничный форвардер с системой пакетной выгрузки лесоматериалов / А.С.Войнаш, С.А.Войнаш // Строительные и дорожные машины. – 2012. – № 9. – С.13-16.

2. Войнаш, А.С. К вопросу оснащения базовых лесопромышленных тракторов толкателями / А.С.Войнаш, В.Р.Ситников // Известия вузов. Лесной журнал. – 1998. – № 4. – С.66-71.

3. Войнаш, А.С. Разработка и исследование навесного толкателя для гусеничного сортиментовоза с системой пакетной выгрузки лесоматериалов / А.С.Войнаш, С.А.Войнаш // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы II Всероссийской научно-технической конференции 23-24 ноября 2012 г. / Под ред. к.т.н., доцента А.В. Шашка / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2012. – С.114-118.

4. Войнаш, А.С. Многофункциональность навесных толкателей лесозаготовительных машин / А.С.Войнаш // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы III Всероссийской научно-технической конференции 18-19 декабря 2013 г. / Под ред. к.т.н., доцента Н.И. Черкасовой / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2013. – С.163-166.

РАСЧЁТ ВЕРОЯТНОСТИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ПЕРЕКРЁСТКАХ

В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин, А.А. Трусов

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова*

Аннотация. Рассмотрен анализ показателей опасности конфликтных точек на равнозначных пересечениях дорог по двум направлениям движения автомобилей: прямо и налево. Приведены сведения о расчёте прогнозных характеристик опасности образующихся на пересечении конфликтных точек в режиме текущего времени по входным величинам скорости автомобилей, движущихся прямо и налево. Учтены колебания интенсивности движения автомобилей, движущихся по указанным двум направлениям по часовым интервалам. Пользование предлагаемой методикой позволяет принимать решения об ограничениях скоростных режимов и направлениях движения транспорта по полосам проезжей части.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, конфликтная точка, пересечение, скорость, интенсивность движения.

CALCULATION OF THE PROBABILITY OF ROAD TRANSPORT ACCIDENTS ON CROSSROADS

V.S. Volkov, D.Ju. Kastyrin, A.A. Trusov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The analysis of the indicators of the danger of conflict points on the equivalent intersections of roads along two directions of traffic of cars is considered: directly and to the left. Information is provided on the calculation of the forecast characteristics of the danger formed at the intersection of conflicting points in the current time mode by the input values of the speed of cars moving straight and to the left. Variations in the intensity of movement of cars moving in these two directions along the hour intervals are taken into account. Using the proposed methodology allows you to make decisions about the limitations of speed regimes and directions of traffic along the lanes of the carriageway.

Keywords: *traffic accident, conflict point, intersection, speed, traffic intensity.*

При реконструкции имеющихся дорожных пересечений потоков автомобильного транспорта, а также при проектировании новых участков дорожной сети населённых пунктов проектировщики часто не имеют сведений о возможной опасности конфликтных точек в местах, где происходит пересечение направлений движения автомобилей.

Целью данной работы является аналитический расчёт прогнозных оценок вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий в зависимости от схемы движения транспортных потоков, интенсивности движения автомобилей и их скорости.

Опасность конфликтных точек на дорожных пересечениях зависит от большого числа факторов, в числе которых определённую значимую роль имеет скоростной режим транспорта. Как показывают проведенные ранее исследования [3] значительное число дорожно-транспортных происшествий наблюдается при столкновениях автомобилей, поворачивающих налево с автомобилями, движущимися в прямом направлении.

Используемая для расчёта показателя q_i оценки опасности пересечения дорог в режиме текущего времени формула [11],

$$q_{ia-a} = K_i M_i N_i 10^{-2}, \quad (1)$$

где K_i – опасность конфликтной точки; M_i и N_i – часовая интенсивность движения автомобилей по пересекающимся направлениям, не учитывает влияние скоростного режима транспорта.

При этом в рассмотрении влияния скоростного режима транспорта на показатель опасности конфликтной точки имеет значение фактор превышения фактической скорости транспортной единицы относительно установленного ограничения. В данном случае для учёта различия фактической скорости транспортного потока и существующего ограничения принят коэффициент превышения скорости:

$$K_v = \frac{V_\phi}{V_{огр}}, \quad (2)$$

где V_ϕ – фактическая скорость транспортного потока; $V_{огр}$ – установленное ограничение скорости на данном участке.

Тогда расчётная формула для определения показателя q_{vi} опасности конфликтной точки (рис. 1) на пересечениях дорог по столкновению автомобилей, движущихся прямо и поворачивающих налево, может быть выражена в следующем виде

$$q_{vi} = M_r M_i V_r^2 V_i^2 K_v 10^n, \quad (3)$$

где M_r и M_i – соответственно часовые интенсивности движения автомобилей, совершающих поворот налево и движущихся прямо;

V_r и V_i – соответственно средние часовые скорости транспортных потоков автомобилей, совершающих поворот налево и движущихся прямо;

n – показатель степени, учитывающий возможность приведения расчётных данных к показателю вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия.

В качестве примера была взята схема, показанная на рис. 1, дорожного пересечения четырёхстороннего перекрёстка. При этом, как видно из рисунка, в режиме нерегулируемого движения каждому водителю при движении как прямо, так и налево, приходится преодолевать от четырёх до пяти конфликтных точек.

В режиме светофорного регулирования без дополнительных секций светофоров, водителям, движущимся налево, приходится преодолевать только число конфликтных точек, равных количеству полос движения в прямолинейном направлении. Если для упрощения расчёта рассматривать суммарную интенсивность автомобилей, движущихся в прямом направлении, можно рассматривать только одну конфликтную точку.

В качестве исходных данных для решения данной задачи использовались величины скорости автомобилей, поворачивающих налево $V_r = 10; 20$ и 30 км/ч. При этом скорость автомобилей, движущихся в прямом направлении V_i , принималась с интервалом 10 км/ч в диапазоне от 40 до 110 км/ч. Интенсивности движения M_r и M_i принимались по результатам наблюдений и, для данного случая, рассматривались как постоянные величины, характерные для периода наибольшей загруженности перекрёстка, $M_r = 480$ авт/ч и $M_i = 600$ авт/ч.

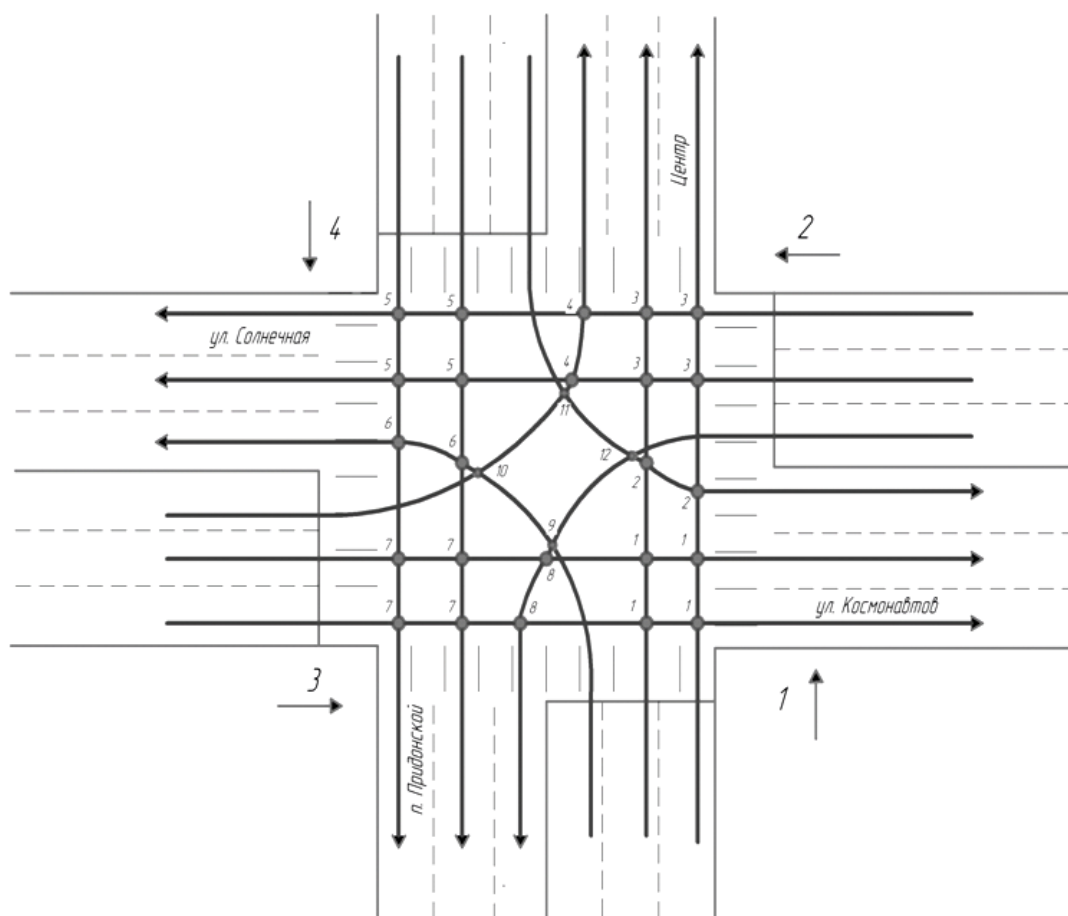


Рис.1.Схема расположения конфликтных точек на пересечении

В условиях города при ограничении скоростного режима $V_{огр} = 60$ км/ч коэффициент превышения скорости K_v находился в пределах от 0,6 до 1,8.

В ходе исследовательской работы было установлено, что на показатель опасности дорожного пересечения значимое влияние оказывает скорость автомобилей, поворачивающих налево, проходящих конфликтную точку взаимодействия с автомобилями, движущимися в прямом направлении. Как видно из рис. 2 ... рис. 5, при скорости поворачивающих автомобилей $V_r = 10$ км/ч в скоростном диапазоне автомобилей, движущихся прямо от 40 до 110 км/ч, показатель опасности пересечения q_{vi} увеличивается не более чем на 8 %. В то же время, если скорость автомобилей, совершающих поворот, увеличится до $V_r = 20$ км/ч, показатель q_{vi} возрастает в 2,5 раза. В такой же ситуации при скорости $V_r = 30$ км/ч показатель опасности пересечения увеличивается более чем в 5 раз.

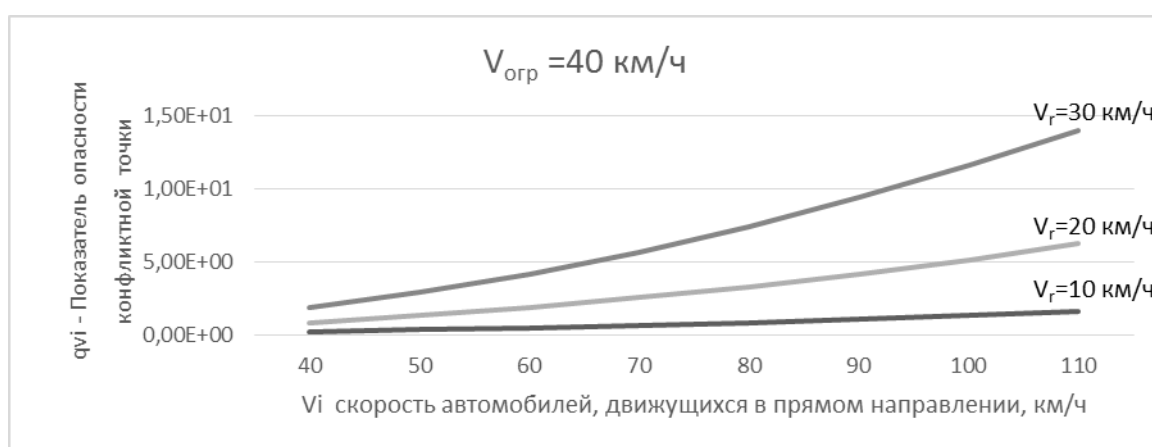


Рис.2. Зависимость показателя опасности конфликтной точки пересечения от скоростного режима при ограничении максимальной скорости 40 км/ч

В случае, как показано на рис. 2, при скоростном ограничении $V_{огр} = 40$ км/ч все, находящиеся справа от начальной точки данные, рассматриваются как следствие нарушения скоростного режима движения на данном участке и, увеличение показателя опасности конфликтной точки в зависимости от скоростного режима взаимодействия двух пересекающихся автомобильных потоков, проявляется наиболее значимо.

При скоростном ограничении $V_{огр} = 60$ км/ч, как показано на рис. 3, показатель опасности конфликтной точки, характерный для автомобилей, совершающих левый поворот при скорости $V_r = 10$ км/ч остаётся практически неизменным. Определённое увеличение этого показателя наблюдается при возрастании скорости V_r поворачивающих автомобилей, однако в диапазоне до установленного ограничения в 60 км/ч оно незначительно. При превышении автомобилями, движущимися прямо, данного ограничения скорости, наблюдается резкое возрастание показателя конфликтной точки.

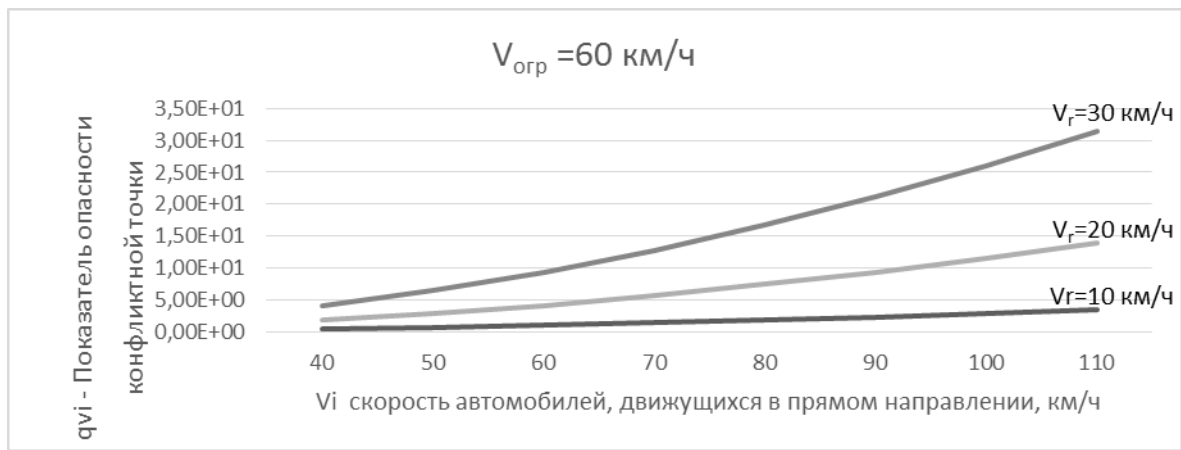


Рис.3. Зависимость показателя опасности конфликтной точки пересечения от скоростного режима при ограничении максимальной скорости 60 км/ч

В условиях более высокого ограничения скоростного режима на уровне $V_{огр} = 90$ км/ч, характерного для движения вне населённых пунктов, наблюдается практически повторение зависимости показателя опасности конфликтной точки для скорости поворачивающих автомобилей $V_r = 10$ км/ч, характерной для разрешённого скоростного режима до 60 км/ч. При превышении установленного ограничения автомобилями, движущимися прямо при $V_r = 10$ км/ч, показатель опасности конфликтной точки незначительно возрастает. При увеличении скорости автомобилей, совершающих левый поворот, наблюдается, как показано на рис. 4, значительное возрастание показателя опасности конфликтной точки.

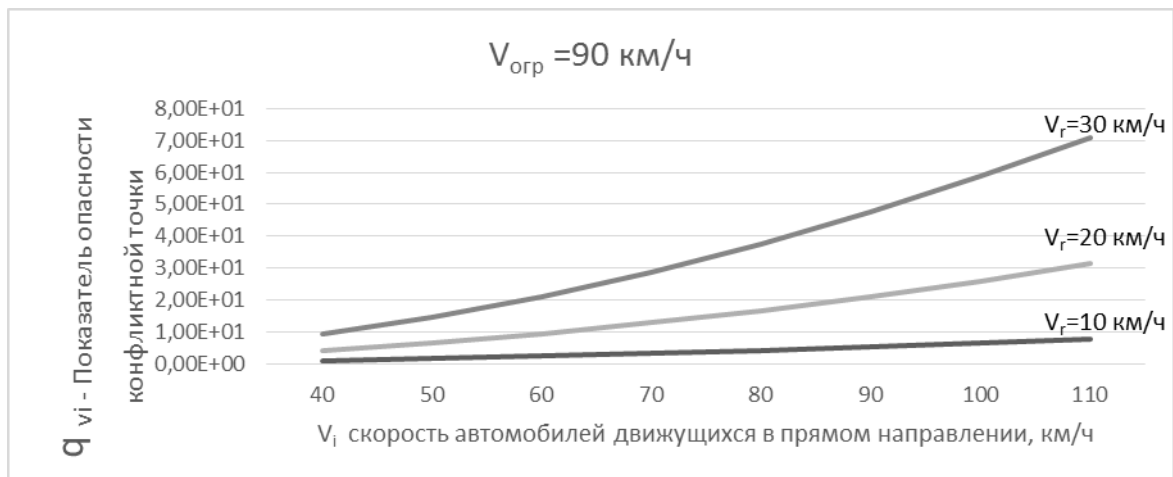


Рис.4. Зависимость показателя опасности конфликтной точки пересечения от скоростного режима при ограничении максимальной скорости 90 км/ч

В некоторых случаях, когда на участках дорог вводятся более высокие ограничения максимального скоростного режима, например $V_{огр} = 120$ км/ч, наблюдается, как показано на рис. 5, наиболее высокий рост показателя опасности конфликтной точки при любых величинах скорости поворачивающих

автомобилей. Данное обстоятельство можно рассматривать как предупреждение о необходимости введения запрета на совершение маневра левого поворота на пересечении при таком значении разрешённого скоростного лимита.

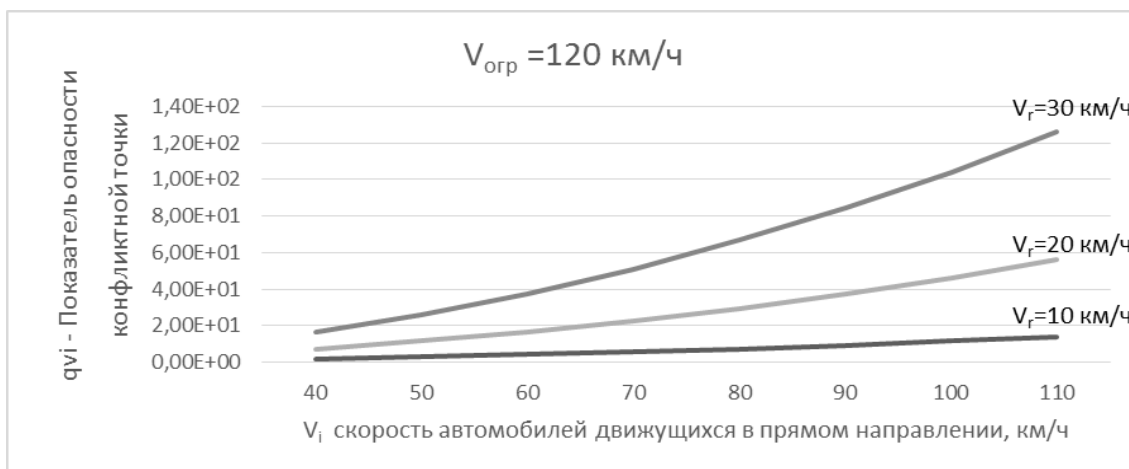


Рис.5. Зависимость показателя опасности конфликтной точки пересечения от скоростного режима при ограничении максимальной скорости 120 км/ч

Определённое влияние на изменение величины показателя опасности конфликтной точки на пересечении оказывает коэффициент превышения скорости относительно установленного скоростного лимита. Как было установлено, величина показателя опасности конфликтной точки резко возрастает при увеличении коэффициента K_{vi} больше единицы, то есть, как показано на рис. 6, когда скорость транспортного потока, движущегося прямо, превышает величину установленного ограничения.

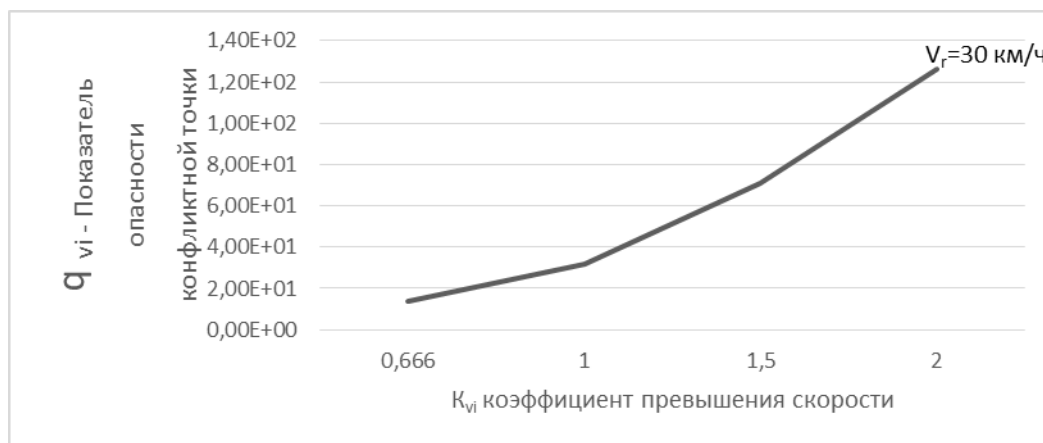


Рис.6. Зависимость показателя опасности конфликтной точки от коэффициента превышения скорости

Выводы

1. Предложена методика расчёта вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на пересечениях автомобильных дорог в

зависимости от интенсивности движения автомобилей и их скоростного режима, а также с учётом направлений движения на пересечении.

2. Установлена нелинейная квадратичная зависимость возрастания показателя опасности конфликтной точки при увеличении скорости пересекающихся транспортных потоков. При увеличении интенсивности движения на пересечениях происходит не особо выраженное возрастание вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий.

3. При превышении скорости движения транспортных средств на величину более 30 км/ч от установленного ограничения наблюдается резкий рост показателя опасности каждой конфликтной точки на пересечении и всего пересечения в целом.

4. Пользуясь изложенной методикой и располагая сведениями об интенсивностях движения по направлениям транспортных потоков, можно получать прогнозные оценки показателя опасности конфликтной точки на пересечениях дорог. В результате этого могут приниматься соответствующие решения об ограничениях скоростных режимов и направлениях движения транспорта по полосам проезжей части.

Список литературы

1. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст] / В.Ф. Бабков // М.: Транспорт, 1993. 271 с.

2. Баранов, Ю.Н. Основы обеспечения безопасности в системе «человек – машина – среда» [Текст] / Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Р.В. Шкрабак, Ю.Н. Брагинцев // Вестник НЦБЖД. 2014. № 1(19). С.73-76.

3. Баранов, Ю.Н. Факторы, определяющие опасное действие водителя при управлении транспортным средством [Текст] / Ю.Н. Баранов, Д.О. Кожин, Д.Е. Аклёминский, В.В. Еграшин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т.2.№ 4. С.3-7.

4. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учебник для высших технических учебных заведений [Текст] / Е.С. Вентцель. М: Издательство «Наука»: Главная редакция физико-математической литературы, 1969. 576 с. Скан, OCR, обработка, формат Djv: Feldmesser, 2013.

5. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] / Е.С. Вентцель. М.: Высшая школа, 2001. 208 с.

6. Волков, В.С. Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров [Текст] / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Материалы международной заочной научно-практической конференции «Автомобильный транспорт сегодня: проблемы и перспективы» 07 – 09 октября 2015 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛУ». С. 271-276.

7. Волков, В.С. Некоторые вопросы подготовки водительских кадров [Текст] / Актуальные вопросы подготовки специалистов по направлению «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» в условиях рыночной экономики: сборник научных статей / под ред. А.Н. Новикова. – Орел, 2006. – С.86-91.

8. Волков, В.С. Расчет вероятностных оценок опасности конфликтных точек на дорожных пересечениях [Текст] / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин, Ю.А. Никитина "Мир транспорта и технологических машин" № 4(55) 2016, С. 105-110.

9. An Auto-tuning Assisted Power-Aware Study of Iris Matching Algorithm on Intel's SCC // Gildo Torres, Chen Liu, Jed Kao-Tung Chang, Fang Hua, Stephanie Schuckers // Journal of Signal Processing Systems, 2015. Volume: 80, Issue 3, pp. 261-276.

ПОДВИЖНЫЙ АГРЕГАТ КОНТРОЛЯ СТАЦИОНАРНЫХ СРЕДСТВ ЗАПРАВКИ И ДОЗИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТАМИ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

Н.Ю. Волков, Н.В. Бухарин, Т.В. Куценко

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы создания подвижного агрегата контроля стационарных средств заправки и дозирования компонентами ракетного топлива применяя весовое дозирование, осуществляемое при помощи высокоточного весоизмерительного оборудования.

Ключевые слова: *весовое дозирование, подвижный агрегат, компонент ракетного топлива.*

RESIDUAL UNIT FOR CONTROL OF STATIONARY MEANS FILLING AND DISPENSING THE COMPONENTS OF ROCKET FUEL

N.Y. Volkov, N.V. Bukharin, T.V. Kutsenko

Research Institute (Military-System Studies of Material and Technical Support of the Armed Forces of the Russian Federation) of the Military Academy of Material and Technical Support named after Army General Khrulyov

Annotation. The paper deals with the creation of a mobile unit for monitoring stationary means of filling and dispensing rocket fuel components using weight dosing carried out using high-precision weight measuring equipment.

Keywords: *weight dosing, mobile unit, component of rocket fuel.*

Системы, осуществляющие заправку (СЗ), позволяют производить подачу в топливный бак (ТБ) ракеты космического назначения (РКН) дозы – точно отмеренного объема топливного компонента. Доза определяется полетным заданием РКН и дается в единицах массы.

Точность дозирования позволяет определить эффективность СЗ, как устройства дозирования и контроля стационарных систем заправки, и может определяться соответствием количества компонента M_B , находящегося в ТБ РКН после окончания процесса заправки, величине дозы M_D . Относительная приведенная погрешность, которая вычисляется в процентах, используется в качестве численной меры точности дозирования:

$$\delta = \frac{M_B - M_D}{M_D} * 100. \quad (1)$$

Также, точность дозирования компонентов топлива непосредственно влияет на эффективность применения РКН. Выводимая на орбиту полезная нагрузка, при ограниченной грузоподъемности РКН, может быть увеличена при повышении точности дозирования. Уменьшение гарантийных запасов топлива позволяет сделать это в данном случае. Дальность доставки полезной нагрузки может быть увеличена при фиксированной полезной нагрузке за счет увеличения точности дозирования. Кроме того, точность дозирования оказывает влияние на точность доставки РКН его полезной нагрузки. Поскольку масса компонентов топлива составляет 80-90 % от стартовой массы РКН, то влияние точности дозирования является определяющим фактором

От систем заправки в настоящее время требуется осуществление дозирования компонентов ракетного топлива с погрешностью не более $\pm 0,1\%$.

Для осуществления процесса дозирования компонентов ракетных топлив (КРТ) и дальнейшую подачу дозированного компонента в ТБ РКН, а так же для тарирования расходомеров стационарных систем заправки КА требуется создание подвижного агрегата.

Дозирование – это процесс выделения из наземных емкостей запаса компонентов топлива в количестве, которое равно дозе. Процесс дозирования может происходить как до подачи топливного компонента в ТБ РКН, так и одновременно с ней. Кроме того, процесс дозирования может осуществляться после подачи топливного компонента в ТБ РКН. Можно сделать вывод, что выполнение средствами заправки функции дозирования существенно расширяет ее состав и влияет на рабочие характеристики.

Сами способы дозирования компонентов топлив разделяются по двум признакам. По месту формирования дозы компонента различают внутреннее (в ТБ РКН) дозирование и внешнее (вне ТБ РКН) дозирование. По виду замера количества компонента различают дозирования массовое, весовое и объемное.

Данная работа, представленная в статье связана с созданием подвижного агрегата, который будет выполнять внешнее дозирование, при этом производя замер количества компонента весовым устройством (ВУ).

При способе дозирования, рассматриваемом при создании агрегата, формирование дозы полностью или по частям, т.е. порционно, производится с помощью ВУ. Топливный компонент вначале подается из емкости-хранилища в весовую емкость на платформе ВУ, а затем из нее выдается в ТБ РКН. Таким образом, процесс заправки разделен на два этапа. Первый этап является подготовительным и связан с наполнением весовой емкости. Второй этап – основной. На этом этапе доза формируется при выдаче компонента в бак РКН. Такое построение процесса обеспечивается непрерывным измерением количества компонента в весовой емкости весоизмерительным устройством. Весоизмерительное устройство является одним из основных элементов оборудования подвижного агрегата, которое в основном и определяет облик конструкции.

Оборудование разрабатываемого агрегата расположено на базе автомобиля ГАЗ-С41R32. На раму автомобиля установлены вывешивающие и горизонтирующие подвижный агрегат дозирования, по уровню, ауригеры. Сборка блока весового дозатора, сливной емкости, центробежного насоса, запорно-перепускной арматуры, баллона со сжатым газом, щита пневматического осуществляется на несущей раме агрегата. Далее все вышеперечисленные элементы конструкции привариваются к надрамнику автомобиля.

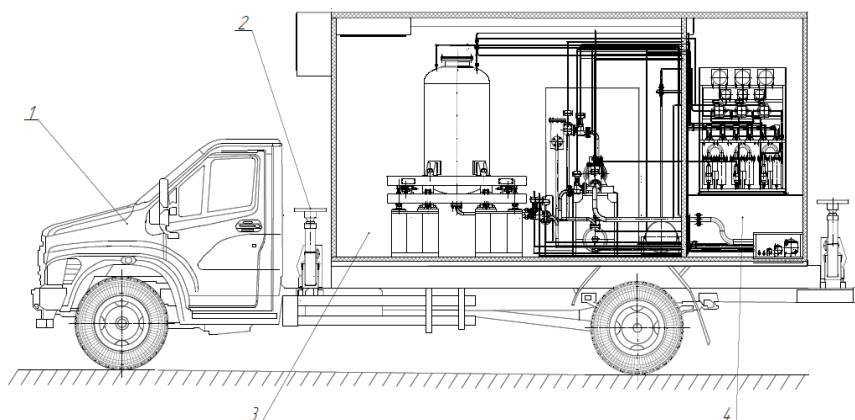


Рис. 1. Подвижный агрегат контроля стационарных средств заправки и дозирования компонентами ракетного топлива:

1 – шасси, 2 – ауригеры горизонтирования, 3 – отсек гидропневматического оборудования, 4 – отсек системы управления.

Основываясь на принципиальную пневмогидросхему агрегата была разработана его компоновка при помощи программного обеспечения для 3D-моделирования. На рисунке 2 можно увидеть основные элементы агрегата, расположенные в кунге, такие как: 1) кондиционер, необходимый для поддержания определенного режима температур; 2) блок весового дозатора, состоящий из емкости и весового устройства; 3) насос, который обеспечивает подачу компонента в блок весового дозатора; 4) сливная емкость для приема компонентов топлив, сливаемых из магистралей и оборудования подвижного агрегата; 5) фильтры очистки компонентов топлива от механических загрязнений; 6) пневмоклапаны отсечные для управления потока компонента; 7) баллон с сжатым газом для обеспечения процессов выдачи компонента из емкости весового дозатора, выдавливания компонента из сливной емкости, подачи управляющего давления на пневмоклапаны; 8) терминал весовой, позволяющий контролировать дозирование компонента, вывод информации о процессе заправки на табло, монитор ЭВМ, распечатки на принтере результатов работы; 9) штучерный шкаф для подсоединения магистралей агрегата к стационарным системам заправки; 10) щит пневматический для контроля подачи газа на выполнение операций по выдаче и выдавливания топливного компонента из сливной емкости, подачи управляющего давления на пневмоклапаны.

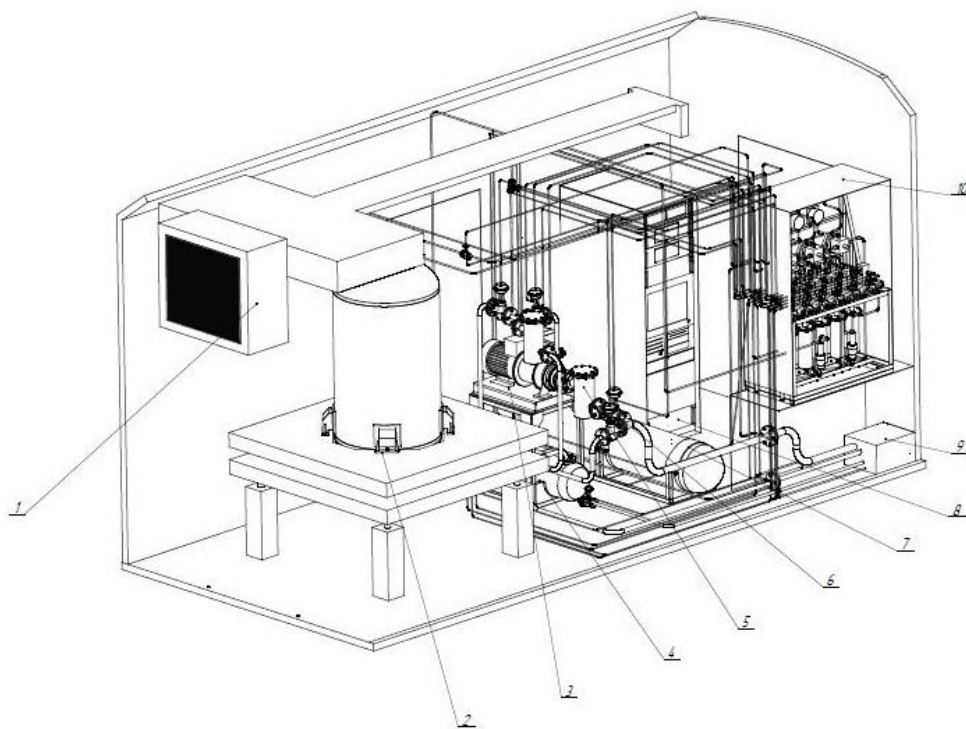


Рис. 2. Оборудование подвижного агрегата контроля стационарных средств заправки и дозирования компонентами ракетного топлива:

- 1 – кондиционер, 2 – блок весового дозатора, 3 – насосный агрегат, 4 – сливная емкость, 5 – фильтр, 6 – пневмоклапан, 7 – баллон с газом, 8 – терминал весовой, 9 – шкаф штуцерный, 10 – щит пневматический.

Результаты, полученные в рамках выполнения данной работы, позволяют сформировать задел по созданию и эксплуатации подвижного агрегата контроля стационарных средств заправки и дозирования компонентами ракетного топлива.

Список литературы

1. Катков, А.Г. Дозирующие заправочные системы ЛА /А.Г. Катков; ред. Т.С. Корочкина, техн. ред. А.Г. Мухина. — М: Ротапринт МАИ, 1980. 39 с.
2. Катков, А.Г. Заправочные системы ЛА /А.Г. Катков; ред. Р.Н. Фурсова, техн. ред. А.Г. Мухина. — Москва: Ротапринт МАИ, 1982. 39с.
3. Описание агрегата ЗАК-52. 36с.
4. Бычков А.В. Вопросы моделирования системы материально-технического обеспечения войск (сил) /Бычков А.В., Грачев Г.А. – Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. – Санкт-Петербург, 2017. С. 72-77.
5. Целыковских А.А., Курбанов А. Х., Бычков А. В. Направления совершенствования материально-технического обеспечения коллективных сил безопасности ОДКБ. — Военная мысль. 2016. № 11. С. 21–28.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСНЫХ ПЛАНТАЦИЙ

Г.Д. Гаспарян, А.Б. Давтян

Братский государственный университет

Аннотация. В статье приведено обоснование выбора и компоновки систем машин для целевого лесовыращивания древесного сырья различного назначения на лесных плантациях, исходя из принципов экономической и экологической эффективности, включая критерии энергоэффективности, последовательности выполнения технологических операций по подготовке площади, посадке, выращиванию, и уборке выращенной биомассы.

Ключевые слова: *лесные плантации, целевое лесовыращивание, системы машин.*

PROMISING PRINCIPLES OF LAYOUT OF MACHINE SYSTEMS FOR THE CREATION AND OPERATION OF FOREST PLANTATIONS

G.D. Gasparyan, A.B. Davtyan

Bratskij state university

Abstract. The article presents the rationale for the selection and layout of systems of machines for the targeted reforestation of wood raw materials for various purposes in forest plantations, based on the principles of economic and environmental efficiency, including energy efficiency criteria, the sequence of technological operations for the preparation of the area, planting, growing, and harvesting of grown biomass.

Keywords: *forest plantation, the target short term plantations, the system of machines.*

Лесные плантации успешно создаются и эксплуатируются во многих странах мира с середины прошлого века. Более 50% всей заготавливаемой и перерабатываемой древесины в мире – это продукция целевого лесовыращивания, созданная на лесных плантациях [1, 2].

При этом, в Российской Федерации, в результате многолетнего, продолжающегося экстенсивного лесопользования, несмотря на огромные лесные запасы и далеко не полное использование расчетной лесосеки, лесоперерабатывающие предприятия начинают ощущать сырьевой голод. Стоимость древесного сырья постоянно растет, это связано, прежде всего, с постепенным исчерпанием доступных эксплуатационных спелых лесов. В результате среднее расстояние вывозки заготавливаемой в естественных лесах древесины постоянно растет, ежегодно увеличиваются затраты на создание и эксплуатацию лесовозных дорог [3].

Уже много лет, в разных странах мира, создание и эксплуатация лесных плантаций считается одним из наиболее оптимальных способов эффективного использования некачественных земель сельскохозяйственного назначения [4].

Многие лесопромышленные предприятия Сибири и Дальнего и востока сталкиваются с кадровым голодом, поскольку их арендные базы находятся на территориях с крайне низкой плотностью населения. Это приводит к тому, что они вынуждены набирать большую часть персонала на работу вахтовым

методом, неся при этом соответствующие затраты на транспорт, организацию проживания вахтовиков, и т.д. [5].

Заметной проблемой, препятствующей, в настоящее время, эффективному созданию лесных плантаций, является отсутствие в нашей стране научно обоснованной системы машин, способной выполнять весь цикл работ, начиная с посадки (посева) древесных растений, заканчивая сбором древесного урожая и подготовкой территории под новую сукцессию.

Для начала обоснования компоновки оптимальной системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций при целевом лесовыращивании обратимся к понятию термина «технология». Согласно общепринятому определению «технология» - это совокупность методов обработки, изменения размеров, формы, свойств, и места расположения предмета труда в процессе производства продукции.

Надо отметить, что данное определение является универсальным, и относится, в принципе, ко всем направлениям человеческой деятельности. Даже, например, когда в операционной лечат заболевшего человека, также выполняют последовательный ряд технологических операций.

В свою очередь, технологические операции подразделяются на рабочие, которые предусматривают обработку неподвижного предмета труда; транспортные, которые предусматривают перемещение предмета труда; и смешанные, которые предусматривают обработку движущегося предмета труда, иначе говоря, рабочую операцию, совмещенную с транспортной.

Например, из практики лесозаготовительного производства, если вальщик леса производит обрезку сучьев лежащего дерева – то это рабочая операция, а если обрезка сучьев производится при помощи харвестера или процессора, путем протаскивания дерева вальцами через сучкорезные ножи головки – то это смешанная операция. Сбор лесоматериалов, трелевка, укладка в штабель, погрузка на лесовозный транспорт, вывозка, разгрузка – это все транспортные операции лесозаготовительного процесса [6].

Известно, что любая коммерческая деятельность, а создание и эксплуатация лесных плантаций является коммерческой деятельностью, направлена на извлечение прибыли, которая является положительным салдо между затраченными на производство средствами и полученными в результате реализации произведенной продукции, товаров, или услуг. Строго говоря, прибыль, может рассматриваться в критериях эффективности – отношения затрат и выгод.

С точки зрения любого производственного процесса, во многом, на его общей эффективности будут напрямую сказываться эффективности выполнения каждой технологической операции в цепочке. В свою очередь, на эффективность выполнения конкретной технологической операции, помимо персонала, материалов, значительное влияние будет оказывать совершенство и эффективность использования машин и оборудования, участвующих в данном отрезке технологического процесса.

Эффективность машин и оборудования принято оценивать по целому ряду критериев, основными из которых являются: энергоэффективность,

коэффициент технической готовности (надежность, ремонтпригодность), эргономика, производительность при выполнении основных технологических функций [7].

В общем виде, технологическая цепочка создания и эксплуатации лесных плантаций, помимо принятия управленческих решений по выбору целевой породы, оборота рубки, состава и количества вносимых удобрений, технологии подготовки семян и саженцев, и т.д., выглядит следующим образом [1, 2, 4]:

- Подготовка площади к посадке (посеву) древесных растений. Данный этап предусматривает, в основном, подготовку почвы, в ряде случаев предварительную расчистку площадки от пней. Используемое при этом технологическое оборудование включает: корчеватели, мульчеры (ротаторы), плуги, бороны, рыхлители, покровосдиратели, почвенные фрезы, и т.д.

- Посадка (посев) древесных растений выбранной породы для целевого лесовыращивания. На данном этапе используются посадочные машины, сеялки, катки, и т.д.

- Уход за посадками, заключающийся в поддержании оптимальных условий для роста целевых древесных растений. Изначально он уже задается при подготовке к посадке (посеву), и при их выполнении. На данном этапе используются культиваторы, машины для дополнительного внесения удобрений, могут быть полезны машины для борьбы с вредителями древесных растений, например опрыскиватели, и т.д.

- Следующим этапом, по аналогии с сельским хозяйством, является сбор выращенного урожая – заготовка древесины, по достижении заданного оборота рубки. Перечень технологического оборудования здесь будет несколько варьироваться, в зависимости от размеров и целевого назначения выращенной древесины. Например, если выращивалась балансовая или конструкционная древесина, то логично использовать стандартные системы машин лесосечных работ, такие как: харвестер + форвардер, или валочно-пакетирующая машина + скиддер + процессор. В некоторых случаях (при небольших площадях и запасах) эффективной будет использование на рабочих операциях бензиномоторных пил, или их использование только на валке, а выполнение обрезки сучьев и раскряжевки – процессором на верхнем складе. Если же на плантации выращивалась тонкомерная древесина энергетического назначения, например, быстрорастущий кустарник, то наиболее эффективной может оказаться валочно-рубительно-трелевочная машина, иногда называемая мульчерно-трелевочной машиной (МТМ).

- Финалом всей рассмотренной технологической цепочки будет являться очистка площадки от остатков древесно-кустарниковой растительности, сбор оставшихся частей кроны, обломков стволов, корчевка или измельчение пней, корней, а также рекультивация для передачи земли под другие виды пользования, или возвращение к первому пункту – подготовку площадки под следующую сукцессию целевого лесовыращивания.

Обратим внимание, что все вышеперечисленное технологическое оборудование используется периодически и последовательно. Это, в свою

очередь, означает, что систему машин для создания и эксплуатации лесных плантаций, при целевом лесовыращивании оптимально создавать по модульному принципу, во много аналогичному с компоновкой систем машин сельскохозяйственного производства [8].

Отметим, что на выполнение разных видов работ, на одной площади, отводятся разные временные интервалы на их выполнение, т.е. если приводить производительность всех операций к единому знаменателю, гектарам площади лесной плантации, то их производительность может быть разной.

Принцип модульного построения системы машин, подробно рассмотренный в [9], заключается в разделении, на первом этапе, на три типа модулей: энергетические, технологические, транспортные.

Энергетические модули, в рассматриваемом вопросе, это тракторы разного класса тяги, обеспечивающие энергией выполнение рабочих, смешанных, и транспортных операций. С точки зрения последних, ограничимся рассмотрением вопроса только в пределах площади, отведенной под лесную плантацию, с погрузочной площадкой (верхним складом) при ней. Поскольку процесс вывозки выращенной и заготовленной древесной биомассы на деревоперерабатывающие предприятия остается за рамками нашего исследования, и, принципиально, не должен отличаться от традиционной вывозки заготовленной древесины из естественного леса. Не считая, правда того, что, в большей части случаев, расстояние вывозки должно быть существенно меньше, чем сейчас в Сибири и на Дальнем востоке.

Итак, транспортные модули, при создании и эксплуатации лесных плантаций, должны выполнять доставку семян, или саженцев, к месту посева (посадки), доставку и внесение удобрений, при необходимости пестицидов, и т.п., трелевку заготовленной древесной биомассы и порубочных остатков.

Технологические модули, в свою очередь, обеспечивают подготовку почвы, заделку семян или саженцев, рыхление, другие необходимые лесохозяйственные операции, срезание и обработку выращенной древесно-кустарниковой растительности.

Исходя из разного целевого назначения модулей, критерии оптимизации их параметров и показателей работы также будут различны.

Понятно, что с точки зрения общей компоновки системы машин крайне желательно иметь, по возможности, меньшее количество модулей, как минимум, с точки зрения уменьшения необходимых капиталовложений. Общеизвестно, что одним из критериев оптимальности выбора системы машин является, чтобы наиболее дорогая машина, или оборудование, имели максимальную загрузку. Поскольку любая техника, за время выработки ресурса, должна себя окупить и еще принести прибыль.

Критерием оптимальности энергетического модуля (модулей) является соответствие мощности энергетической установки (двигателя) и энергонасыщенности потребностям технологических и транспортных модулей, работающих с ним. Очевидно, что если большой и мощный трактор, например, «Кировец» будет оснащаться небольшой тележкой (бочкой) для перевозки необходимых грузов, или культиватором с небольшим захватом, то

энергоэффективность такой системы будет крайне мала, если не отрицательна. И наоборот, если использовать трактор малого класса тяги, с мощностью двигателя менее, чем требуется совершения технологической или транспортной операции с заданной скоростью (производительностью), то операция либо совсем не будет выполнена и прервется вся технологическая цепочка, либо операция, в конце концов, будет выполнена, но будет сорван график выполнения работ.

В свою очередь, величина потребной мощности технологического или транспортного модуля будет зависеть от преодолеваемых при выполнении операций сил сопротивления и скорости выполнения операций.

Скорость выполнения операций будет зависеть от требуемой производительности. Силы сопротивления будут зависеть целого ряда факторов, и, разумеется, от вида выполняемых операций. Например, при обработке пней – от состава, влажности, и физико-механических свойств почвы, а также толщины обрабатываемого слоя почвы и ширины захватки обрабатываемой поверхности площадки, качества исполнения и обслуживания рабочих органов почвообрабатывающих орудий. При заготовке выращенной древесной биомассы – от породы, влажности, температуры древесины, качества исполнения и обслуживания технологического оборудования – цепного пильного аппарата, или дисковой фрезы.

Очевидно, что многие составляющие являются случайными, и учесть их в рамках математической модели оптимизации при компоновке систем машин для создания и эксплуатации лесных плантаций не представляется возможным. Наиболее правильным, в данном случае, будет введение в математическую модель поправочных эмпирических коэффициентов, как, например, в теории резания древесины – на породу, влажность, затупление лезвия, толщину снимаемой стружки, и т.д. [10].

Конечно, в идеале, было бы хорошо обойтись одним энергетическим модулем, хотя бы на этапах подготовки площади, посадки (посева) и выращивания целевых древесных растений. Поскольку заготовительный процесс, в первой итерации постановки задачи, можно выделить отдельно, а на практике, при необходимости, отдавать выполнение задачи заготовки выращенной древесины на субподряд, организациям, имеющим необходимую технику. В лесозаготовительном производстве России это сейчас достаточно распространенная практика [11, 12]. Правда это не касается заготовки тонкомерной энергетической древесины – для выполнения этой задачи, теоретически, можно использовать энергетический модуль, используемый на первых этапах технологического процесса.

В таком случае, при выборе начальных условий, необходимо задаться некими идеальными (типичными) условиями, при которых следует выполнять оптимизацию выбора систем машин для создания и эксплуатации лесных плантаций по следующим критериям:

- Энергоэффективность – степень соответствия установленной мощности энергетического модуля (модулей) потребностям соединяемых с ними транспортных и технологических модулей.

•Экономическая эффективность капиталовложений в приобретение системы машин. Этот показатель очень многокритериален, и его мы подробно разберем ниже.

В работах [13-15] обосновано разделение почвогрунтов лесосек на три класса по степени деформируемости под воздействием движителей лесных машин, в зависимости от их состава, влажности, и связанных с ними физико-механических свойств. По аналогии с этим походом, логично разделить площади лесных плантаций по сопротивляемости обработки почвы, т.е. по разной потребной мощности на обработку единицы площади при одинаковой производительности. Тогда можно будет обосновывать типовые системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций, в различных природно-производственных условиях. Такой подход, в зависимости от среднего объема хлыста в осваиваемых лесных массивах, для компоновки систем машин лесосечных работ практиковался в СССР – при объеме хлыста до 0,4 м³ рекомендовалось использовать машины на базе тракторов Онежского тракторного завода, а при большем объеме хлыста – на базе тракторов Алтайского тракторного завода [16, 17].

Будет полезным отметить разработанный участниками научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» подход к оценке энергетической (экологической) эффективности систем машин и технологических процессов лесозаготовительного производства, заключающийся в сравнении энергетических затрат на получение древесной биомассы, включая процессы ее выращивания, и энергетическую ценность самой этой древесной биомассы [18].

Касательно экономической эффективности приобретения системы машин необходимо отметить следующие моменты. Можно сравнивать однотипные машины (по назначению, потенциальной производительности и т.д.) по прямому экономическому показателю – цене [19]. Но данное сравнение будет, в большей части случаев не корректным. Далеко не секрет, что, например, дорожно-строительные машины, выпускаемые в России, по разным причинам, включая таможенные пошлины на аналогичную технику, стоят дешевле импортных. Однако, большинство дорожно-строительных компаний предпочитают все же приобретать и работать с техникой импортной. Нельзя же сказать, что они все не считают деньги?! Как раз наоборот, считают. И их предпочтения основаны на производственном опыте. Да, изначально отечественная машина, например, экскаватор, бульдозер, и т.д., стоит дешевле импортного аналога, да и запасные части с расходными материалами стоят дешевле. Но из-за неприемлемо низкого коэффициента технической готовности отечественной техники, приводящей к частым простоям и повышенному расходу запасных частей и расходных материалов, в общем итоге, машина российского производства проигрывает по комплексному экономическому показателю импортной.

Вместе с тем, ни один производитель машин и оборудования не будет указывать, что надежность выпускаемой им техники мала. Для сравнения широко распространенной лесозаготовительной техники, наиболее известных

фирм – производителей, например, Амкодор, Джон Дир, Камацу, Понссе, можно было бы использовать метод экспертных оценок предпочтительности. Но в России сложно будет найти достаточное количество специалистов по оборудованию для создания лесных плантаций, поскольку, в настоящее время, у нас в стране попросту нет таких плантаций.

Список литературы

1. Вагвелди А. Выращивание и эксплуатация лесных плантаций / А. Вагвелди, Ш. Фехер, Б. Хорват, С. Коман, Г. Ковач, Л. Сабо, И. Цупи, И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, Д. Данилов, О.А. Куницкая, Е. Криваш - Издательство: University of West Hungary Pres. 2016. 132 с.

2. Григорьева О.И. Лесные плантации для сырьевого обеспечения деревоперерабатывающих предприятий / О.И. Григорьева, Ф.З. Нгуен // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск: ПетрГУ, 2017. С. 59-61.

3. Куницкая О.А. Повышение эффективности труднодоступных лесных массивов за счет расширения ассортимента готовой продукции, выпускаемой на мобильных лесопромышленных складах / О.А. Куницкая, С.С. Бурмистрова // Леса России в XXI веке: Материалы девятой международной научно-технической интернет-конференции. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. С. 83-87.

4. Нгуен Ф.З. Лесные плантации в лесопромышленном производстве Республики Вьетнам / Ф.З. Нгуен, О.И. Григорьева // Повышение эффективности использования и воспроизводства природных ресурсов: Материалы научно-практической конференции. В. Новгород: НовГУ, 2016. С. 48-51.

5. Добрецов Р.Ю. Увеличение подвижности гусеничных вездеходов для вахтовых лесозаготовок / Р.Ю. Добрецов, И.В. Григорьев, В.А. Иванов // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 2 (30). С. 114-119.

6. Григорьев И.В. Технология и машины лесосечных работ. Учебное пособие по курсовому проектированию / И.В. Григорьев, И.И. Тихонов, О.А. Куницкая – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – 132 с.

7. Григорьев И.В. Оценка качества лесных машин в проектировании / И.В. Григорьев, А.А. Чураков // Леспромформ, 2017. № 4. С. 78-82.

8. Григорьев И.В. Системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций / И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, Н.Н. Вернер // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т.5. № 5 (31). С. 438-443.

9. Григорьев И.В. Снижение отрицательного воздействия на почву колесных трелевочных тракторов обоснованием режимов их движения и технологического оборудования / И.В. Григорьев // СПб.: СПбГЛТА. 2006. 236 с.

10. Григорьев И.В. О необходимости дополнительных исследований энергоемкости процесса поперечного пиления древесины / И.В. Григорьев, Е.Г.

Хитров, Ю.Н. Власов, В.А. Иванов, Жданович В.И. // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4 (20). С. 143-147.

11. Куницкая О.А. Переработка низкотоварной древесины: проблемы и перспективы / О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Энергия: экономика, техника, экология. 2015. № 9. С. 70-75.

12. Григорьев И.В. Эффективность лесопользования в России /И.В. Григорьев, О.И. Григорьева // Энергия: экономика, техника, экология. 2016. № 5. С. 24-30.

13. Никифорова А.И. Моделирование воздействия движителей лесных машин на почвы лесосек / А.И. Никифорова, О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т.3. № 5-4 (16-4). С. 320-323.

14. Шапиро В.Я. Моделирование уплотнения почвогрунта в боковых полосах трелевочного волока с учетом изменчивости трассы движения / В.Я. Шапиро, И.В. Григорьев, Д.В. Лепилин, А.И. Жукова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2010. № 6 (111). С. 61-64.

15. Шапиро В.Я. Исследование механических процессов циклического уплотнения почвогрунта при динамических нагрузках / В.Я. Шапиро, И.В. Григорьев, А.И. Жукова, В.А. Иванов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 1. С. 163-175.

16. Григорьев И.В. Состояние и перспективы развития лесного машиностроения в России /И.В. Григорьев, В.А. Кацадзе // Инновации в промышленности и социальной сфере: Материалы республиканской научно-практической конференции. Петрозаводск: ПетрГУ, 2015. С. 27-30.

17. Григорьев И.В. Перспективные направления опытно-конструкторских работ в лесном машиностроении / И.В. Григорьев, О.А. Куницкая // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 53-56.

18. Григорьев, И.В. Обоснование методики оценки экологической эффективности лесопользования / И.В. Григорьев, А.И. Никифорова, О.И. Григорьева, О.А. Куницкая // Вестник КрасГАУ, 2012. № 6. С. 72-77.

19. Григорьева О.И. Эффективность транспортно-технологических систем для лесного хозяйства / О.И. Григорьева // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. ред. Н. С. Захаров. 2018. С. 79-83.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ КАМАЗ Р6 И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА СТАДИИ ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

А.А. Гафиятуллин, Ф.Л. Назаров, Д.И. Нуретдинов

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета

Аннотация. Современные энергетические средства (ДВС) являются сложной наукоемкой продукцией с длительным жизненным циклом, для которых обеспечение работоспособности наиболее перспективно путем создания автоматизированного технологического комплекса экспертизы и управления состоянием, как в производстве, так и в эксплуатации, создание которой возможно на базе современных испытательных комплексов и компьютерных систем. В статье подробно рассмотрены особенности современного испытательного оборудования, обеспечивающего интеллектуальное взаимодействие.

Ключевые слова: *двигатель, испытание, испытательный стенд, автоматизированный технологический комплекс.*

DEVELOPMENT OF AUTOMATED TECHNOLOGICAL COMPLEX OF TESTING KAMAZ R6 ENGINES AND IMPROVEMENT OF SOFTWARE AND TECHNICAL MEANS ON THE STAGE OF PRODUCTION DEVELOPMENT

A.A. Gafiyatullin, F.L. Nazarov, D.I. Nuretdinov

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan Federal University

Annotation. Modern energy facilities (internal combustion engines) are complex science-intensive products with a long life cycle, for which the most promising way to ensure efficiency is to create an automated technological complex of expertise and condition management, both in production and in operation, the creation of which is possible on the basis of modern test systems and computer systems. The article describes in detail the features of modern test equipment that provides intelligent interaction.

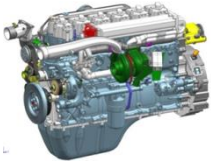

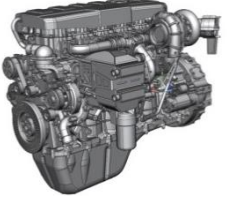
Keywords: *engine, test, test bench, automated technological complex.*

Завод двигателей ПАО «КАМАЗ» осваивает выпуск нового двигателя КАМАЗ Р6, который будет выпускаться наряду с двигателем КАМАЗ V8, постепенно вытесняя его. Линейка рядных 6-ти цилиндровых двигателей КАМАЗ Р6 объемом 12 л.с. нормами выбросов экологического класса ЕВРО-5, предназначенная для установки в составе силового агрегата на шасси перспективного семейства автомобилей КАМАЗ.

Линейка рядных 6-ти цилиндровых двигателей КАМАЗ Р6 объемом 12 л.с. нормами выбросов экологического класса ЕВРО-5, предназначенная для установки в составе силового агрегата на шасси перспективного семейства автомобилей КАМАЗ представлена в таблице 1.

Таблица 1

Перспективное семейство рядных двигателей КАМАЗ Р6

Годовое кол-во, ед.	Модель двигателя КАМАЗ Р6	Изображение	Характеристики			
			Масса двигателя, кг.	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм
5000	950.13-300		1045	1328	925	1143
	950.12-350					
	950.11-400					
	950.10-450					
23500	910.14-380		1045	1328	857	1143
	910.13-400					
	910.12-450					
	910.11-500					
	910.10-550					
1500	920.12-600		1080	1328	925	1143
	920.11-650					
	920.10-700					

Двигатель Р6 кардинально отличается от двигателя V8, поэтому для его сборки и испытаний спроектированы, изготовлены и установлены новые испытательные стенды, представляющие автоматизированный технологический комплекс испытания двигателей КАМАЗ Р6 и с совершенными программно-техническими средствами. Сам процесс испытаний двигателей Р6 также отличается от испытаний двигателей V8 (таблица 2).

Таблица 2

Характеристика участка испытаний двигателей КАМАЗ Р6

Показатели	I этап	II этап
Производственная мощность, ед./год	13 200	33 000
1 смена	4 803	12 008
2 смены	9 606	24 016
3 смены	13 200	33 000
Количество стендов	2	4
Количество участков	1	1
Количество подбороочных участков	2	4

Продолжение таблицы 2

Показатели	I этап	II этап
Персонал I смена	6	12
Персонал II смена	11	22
Персонал III смена	17	34
Такт	34,5 мин	25 мин
Площадь участка	635	635

Параметры двигателя, снимаемые на испытательном стенде, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Параметры двигателя, снимаемые на испытательном стенде
Мощность, кВт (л.с.)
Минимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м)
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м)
Цикловая подача топлива, мм ³
Давление масла в главной масляной магистрали (в месте установки датчика), кПа (кгс/см ²)
Температура воздуха на входе в стендовый ТОНВ, °С
Давление на входе в ТОНВ, кПа (кгс/см ²)
Температура отработавших газов на выходе из турбины, °С
Давление картерных газов, Па (кгс/см ²)
Предельная дымность отработавших газов, % (м ⁻¹)
Максимальная частота вращения холостого хода, мин ⁻¹
Минимальная частота вращения холостого хода, мин ⁻¹
Массовый расход воздуха на впуске, кг/ч

Особенностью организации участка (рис.1) является подготовительные тележки-паллеты для испытания двигателей. Тележки предназначены для максимальной обвязки двигателя вне испытательного стенда, с целью минимизации обвязки непосредственно на испытательном стенде, после чего тележка с двигателем устанавливается на испытательный стенд. Данный принцип позволяет сократить количество испытательных стендов и направлен на сокращение потерь времени связанных с подготовкой двигателя к запуску. Монтируемый на опорах электрический привод переменного тока, оборудуемый шкафом управления и шкафом силового электроснабжения, с контролируемым режимом работы по крутящему моменту и частоте вращения,

в условиях применения в сочетании с контроллером управления испытательным стендом. Нагружающее устройство на базе асинхронной машины обеспечивает максимальную эффективность, высокую точность измерений и надежность.

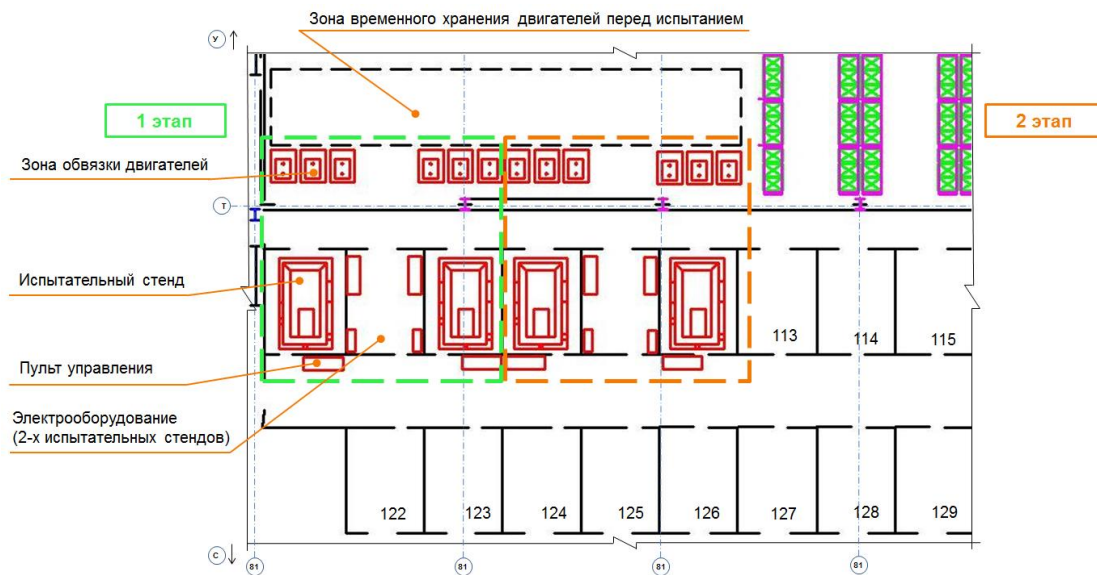


Рис.1. Планировка участка испытаний

Стенд для приемо-сдаточных испытаний двигателей (рис.2) представляет собой группу измерительных приборов, нагружающего устройства, тестового, контрольного и механического оборудования, связанных между собой системой автоматизации стенда. Предназначен для проведения приемо-сдаточных испытаний двигателей под нагрузкой.

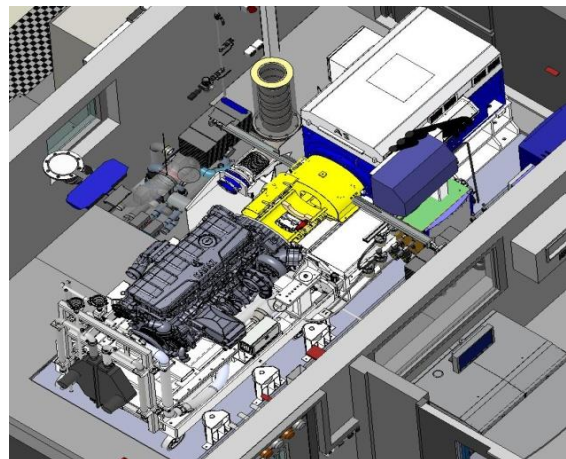
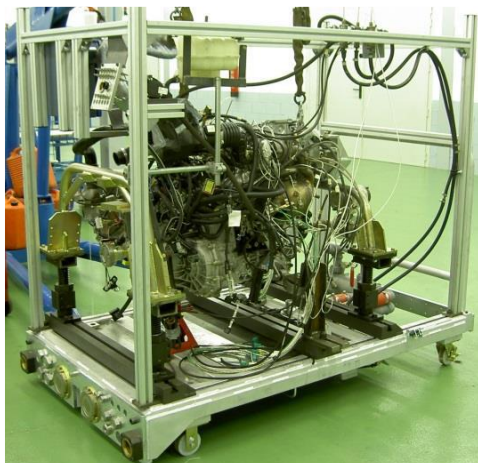


Рис.2. Стенд приемо-сдаточных испытаний нагруженный двигателем Р6 и тележка-паллеты для испытания двигателей

Состав и наименование основного оборудования:

- нагружающее устройство на базе асинхронной машины с возможностью возврата выработанной электроэнергии в сеть;

- калибровочное устройство для асинхронной машины;
- карданный вал с защитным кожухом;
- подмоторная плита с пневмопружинами;
- приспособление для установки и обвязки двигателя вне испытательного бокса (тележка-паллета);
- система кондиционирования наддувочного воздуха;
- система кондиционирования охлаждающей жидкости двигателя;
- расходомер дизельного топлива;
- модули измерения давлений, температур и метеостанция;
- система автоматизации управления стендом и обработки данных;
- система регулирования давления отработавших газов на выпуске;
- дымомер;
- расходомер воздуха.

Процесс испытания двигателей КАМАЗ Р6 включает в себя следующие операции:

Он 10. Проверка качества сборки и комплектности двигателя.

Он 20. Установка двигателя на подготовительную тележку паллету:

1. Демонтаж фиксатора двигателя на подставке;
2. Захват двигателя и установка его на подготовительную тележку-паллету;
3. Фиксация двигателя на тележке.

Он 30. Обвязка двигателя (подключение к системам подготовительной тележки):

1. Заправка двигателя маслом;
2. Обвязка двигателя, подключение к системам подготовительной тележки:
 - системы охлаждения двигателя;
 - системы смазки;
 - системы охлаждения наддувочного воздуха;
 - системы забора воздуха;
 - системы выхлопа отработавших газов;
 - шлицевого переходника к маховику.

Он 40. Проверка основных параметров и регулировок двигателя, согласно программе методике.

Он 50. Стыковка подготовительной тележки-паллеты с системами испытательного стенда:

1. Стыковка подготовительной тележки-паллеты с системами испытательного стенда;
2. Автоматическая заправка систем двигателя топливом и охлаждающей жидкостью (антифризом).

Он 60. Обкатка двигателя, согласно программе методике.

Он 70. Проверка основных параметров двигателя, согласно программе-методике.

Он 80. Оценка результатов обкатки. Устранение возможных дефектов.

Он 90. Проведение приемо-сдаточных испытаний, согласно программе методике.

Он 100. Расстыковка тележки-паллеты с двигателем от систем стенда:

1. Расстыковка тележки-паллеты с двигателем от систем стенда;
2. Автоматический слив из систем двигателя топлива и охлаждающей жидкости.

On 110. Демонтаж двигателя с тележки-паллеты:

1. Отключение от систем подготовительной тележки:
 - системы охлаждения двигателя;
 - системы смазки;
 - системы охлаждения наддувочного воздуха;
 - системы забора воздуха;
 - системы выхлопа отработавших газов.
2. Демонтаж шлицевого переходника к маховику;
3. Демонтаж фиксатора двигателя на тележке-паллете;
4. Захват двигателя и установка его на подставку;
5. Фиксация двигателя на подставке.

Система автоматизации управления стендом и обработки данных является основной платформой автоматизации и интеграции предназначенной для проведения ходовых испытаний двигателя и измерений токсичности системы отработавших газов, позволяя потребителю эффективно контролировать возрастающую сложность задач испытаний и систем испытаний. Она обеспечивает надлежащую производительность обработки данных для программного обеспечения автоматизации, управления и моделирования, а также интерфейсов для входов и выходов и прочих вспомогательных систем, измерительных приборов и контроллера роликового динамометра.

Список литературы

1. Имитационное моделирование испытания дизеля с системой подачи топлива Common Rail / Зубков Е.В., Макушин А.А., Новиков А.А., Гафиятуллин А.А. // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2011. – № 8. – С. 29-31.
2. Савченко О.Ф., Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей/ РАСХН. Сиб. отд-ние. СибФТИ. – Новосибирск, 2006. – 272 с.
3. ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 56 с.

ЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАСЫПАНИЯ ЗА РУЛЕМ

И.В. Глухова

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»

Аннотация. В статье рассмотрены три наиболее эффективные системы, которые отслеживают состояние водителя для предотвращения засыпания за рулем, что, в свою очередь, по данным статистики, является причиной каждого пятого ДТП в мире.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, состояние водителя, электронный помощник, усталость водителя.

EFFECTIVE MONITORING SYSTEMS OF DRIVER CONDITION AS ONE OF THE METHODS TO PREVENT DRIVER'S DORMITION

I.V. Glukhova

Federal State-Financed Educational Institution of High Education «Togliatty State University»

Abstract. The article is devoted to the three most effective systems concerning monitoring of driver condition in order to prevent dormition because, according to the statistics, that is the cause of every fifth accident in the world.

Keywords: road traffic accident, driver condition, electronic assistant, driver fatigue.

Если обратиться к статистике, то можно обнаружить пугающий факт: в среднем каждое пятое дорожно-транспортное происшествие (ДТП) в мире происходит по вине водителей, которые испытывают сонливость или вовсе засыпают за рулем [9]. При подобных ДТП существенно чаще фиксируются смертельные исходы и особенно тяжёлые травмы. Это объясняется неспособностью водителя снизить скорость и/или уклониться от препятствия.

Главный фактор при неожиданном засыпании водителя хорошо известен – это переутомление, накопление недосыпания или так называемая «невыспанность» из-за поверхностного сна. Наиболее частым расстройством, которое приводит к дневной сонливости, является синдром обструктивного апноэ сна (СОАС). Его распространённость у людей старше 30 лет, по статистическим данным [9], составляет 4–7%. При этом около 2% всего взрослого населения страдает тяжёлой формой болезни. Поэтому, в одной только столице нашей страны около 100 тыс. человек могут иметь тяжёлую форму СОАС. Даже если каждый 10-й из них управляет автомобилем, то на дороги столицы ежедневно выезжают около 10 тыс. водителей с тяжёлой дневной сонливостью [9].

У людей, больных СОАС частота ДТП в четыре–шесть раз превышает среднестатистические показатели, и риск попасть в аварию даже больше, чем у водителей, находящихся в состоянии алкогольного опьянения. Отечественных данных по числу ДТП, обусловленных засыпанием за рулем, к сожалению, пока нет, но иностранные специалисты подсчитали, что в США в 2000 году СОАС явился причиной около 310 тыс. ДТП. В этих происшествиях погибли 1400 человек, а ущерб составил 15,9 млрд. долларов [9].

И с целью избегания подобных случаев придуманы системы, определяющие и контролируемые уровень усталости водителя. Делается это с помощью трех простых показателей: наблюдаются действия самого водителя, движение транспортного средства (автомобиля) и взгляд водителя [8].

Рассмотрим наиболее эффективные системы мониторинга состояния водителя, которые представлены сейчас на рынке систем помощи водителю ADAS:

- Attention Assist
- Driver Alert Control
- Seeing Machines

Целью данных устройств является обнаружение и сообщение изменений, происходящих в организме человека.



Рис.1. Система Attention Assist [8]

Система Attention Assist осуществляет контроль, используя при этом несколько элементов и параметров. Сама система состоит из нескольких сенсоров (датчиков), каждый из которых в свою очередь отвечает за особый показатель утомляемости: как например, сенсоры двигателя, рулевого колеса, тормозной системы. Одним из главных сенсоров является сенсор блока управления. Данный сенсор (датчик) осуществляет мониторинг физического состояния водителя по многим показателям: контролирует манеру вождения (скорость), условия, в которых движется автомобиль (время суток и длительность поездки). К системам управления также относятся подрулевые переключатели и тормозная система, которые также контролируются системой Attention Assist ; здесь же осуществляется и контроль за боковым и продольным ускорением. Как это работает: следя тщательно за нынешним состоянием, система сравнивает его с первоначальным. Если определяется значительное отклонение от нормы, включается звуковой сигнал и на панели экрана появляется сообщение “Attention Assist: Pause”, которое предлагает водителю остановиться. Сигнал слышен каждые 15 минут, если водитель игнорирует предупреждение. Что касается анализа маневренности, скорости и отслеживания других параметров - система Attention Assist начинает работать через 30 минут после старта движения, так как чаще всего столько времени требуется для движения на дальние дистанции [8].



Рис.2. Система Driver Alert Control [8]

Следующей системой контроля является Driver Alert Control, основанная на слежении за состоянием водителя через манеру движения автомобиля; в автомобиль встроена специальная камера: здесь происходит оценка траектории и ее изменения с помощью сенсора рулевого колеса и мониторинга полос на дороге; вторая видеочамера следит за внешним состоянием водителя – конкретно за движением его глаз. Если будет зафиксировано состояние переутомления, то система оповестит водителя с помощью сообщения “Drive Alert. Time for a break” и сигнала. Система начинает работать на скорости от 60 км/ч.



Рис.3. Система Seeing Machine [8]

Еще одной рассматриваемой системой является Seeing Machine. Построена система на мониторинге внешнего физического состояния водителя. Встраиваемая камера быстро фиксирует положение глаз и их направление и в случае отклонения показателя от нормы, система сразу же оповещает об усталости и вероятности уснуть за рулем с помощью все тех же сообщений и сигналов. Безусловным преимуществом данной технологии является ее активация, даже если водитель находится в солнцезащитных очках. Также системой фиксируется факт отсутствия внимания на зеркало заднего.

На сегодняшний день, наверно, уже невозможно представить современный автомобиль без инновационных систем помощи водителю. В настоящее время подобные системы являются основной составляющей активной безопасности; современный потребитель при выборе высокоопасного транспортного средства, такого, как автомобиль, конечно же, обратит свое внимание на наличие таковых систем.

Но не стоит доверять электронике безоговорочно. Хотелось бы обратить особое внимание, что при всем преимуществе данных систем, они только помощники водителя, но не заменители его собственных человеческих мозгов: именно это, кстати, прописывается в соглашении, которое автовладелец сам подтверждает каждый раз, садясь в своего железного коня и нажимая кнопку ОК в ответ на появление текста на экране в своем автомобиле.

Список литературы

1. ISO 26262-1:2011 «Road vehicles — Functional safety — Part 1: Vocabulary».
2. Вождение в ночное время (Электрон. Ресурс.)//Электроэнергетика онлайн. – Электрон. Ресурс - Режим доступа: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/20>.
3. Технология ADAS на страже безопасного вождения (Электрон.Ресурс.)// Режим доступа: <http://geotekbs.ru/adas/>.
4. Handbook of driver assistance systems. H.Winner, S.Hakuli, F.Lotz, C.Singer.// -Springer International Publishing Switzerland, 2016, p.1594.
5. Исаев Е.У., Соломатин Н.С., Кисуленко Б.В., Карпов В.М., Ковтун В.В., Кравец В.Н. Проектирование автомобиля: учебное пособие. Тольятти: Издательство ТГУ, 2013. – 260 с. ISBN 978-5-8259-0726-0.
6. Соломатин Н.С., Черепанов Л.А., Заплатин А.А., Русаков С.С., Храпов Д.С., Рогачев Д.А. Испытания автомобиля: учебное пособие. Тольятти: Издательство ТГУ, 2008. – 259 с. ISBN 978-5-8259-0406-1.
7. Как новые автомобили защищают пешеходов? (Электрон. Ресурс.)// Режим доступа: <http://www.1gai.ru/publ/513051-kak-novye-avtomobili-zaschischayut-peshehodov.html>.
8. Системы, контролирующие усталость водителя (Электрон. Ресурс.)// Режим доступа: https://fastmb.ru/auto_shem/1158-monitoring-sostoyaniya-voditelya-za-rulem.html.
9. Сон разума (Электрон. Ресурс.)// Режим доступа: <https://versia.ru/s-zasypaniem-za-rulyom-svyazano-okolo-20-procentov-vsex-dtp>.

10. Соломатин Н.С., Исаев Е.У. Метод компоновки рабочего места водителя легкового автомобиля с применением пространственной геометрической модели человека // Тольятти. Издательство ТГУ. 2014. 98 с. ISBN 978-5-8259-0787-1.

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА УДС

А.В. Гончар

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация. В настоящее время автоматизация уверенно осваивает многие сферы в повседневной жизни. Имея успешный опыт использования камер фото и видеофиксации следует рассмотреть необходимость сети модернизации и адаптации средств учета и контроля дорожно-транспортных процессов, ввиду увеличения транспортного потока. В данной статье рассмотрены основное перспективное направление совершенствования интеллектуальных автоматизированных систем - RFID метки.

Ключевые слова: *эффективность, автоматические системы контроля, RFID, радиочастотная идентификация.*

ASSESSMENT OF METHODS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE AUTOMATED SYSTEM OF TRANSPORT TRAFFIC ON THE ROAD NETWORK

A. V. Gonchar

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Annotation. At the time automation surely develops many domains of daily life. Having good experience with camera photo and video fixation should be considered the necessity of network modernization and adaptation of the means of accounting for and control of traffic processes, in view of the increasing traffic flow. This article describes the main promising direction of improvement of intelligent automated systems - RFID tags.

Keywords: *efficiency, automatic control systems, RFID, radio frequency identification.*

Камеры фото-видеофиксации нарушений правил изначально были введены в середине прошлого века для снижения смертности на дорогах и аварий в целом. Однако, со временем появляется множество других факторов, повышающих аварийность на дорогах. И не только число дорожно-транспортных происшествий является актуальной проблемой, но и большая загруженность дорог, сложность регулирования транспортных потоков. Все эти и вытекающие из них вопросы, должны решаться комплексно.

Оптические средства контроля являются достаточно удобными и выгодными. Результатом применения фото- и видео фиксации является не только соблюдение Правил дорожного движения водителями по принципу «кнута», во избежание получения штрафа за нарушение, но и большая

безопасность пешеходов и пассажиров. Сегодня камеры фото и видеофиксации нарушений ПДД есть практически во всех регионах России: ими охвачено 8,9 тыс. стационарных и 4,1 тыс. переменных зон контроля. Они фиксируют такие нарушения, как движение автомобилей по выделенным полосам для общественного транспорта, превышение установленной скорости движения, нарушение правил остановки и стоянки, проезд под знак «Въезд запрещен» и на запрещающий сигнал светофора, в том числе на железнодорожных переездах, выявляют факты нарушений в зоне пешеходных переходов. Их работа непрерывно совершенствуется, в том числе расширяется список распознавания видов нарушений.

Однако есть ряд недостатков данного метода контроля. Например, одной из проблем является 100% распознавание автомобильных номеров. Причиной этому являются: некачественная (устаревшая) оптика с малым разрешением, неправильная установка комплекса, непроработанные алгоритмы распознавания, неспособные идентифицировать засвеченные, неправильно установленные или плохо читаемые (грязные, затертые) номера.

Одним из критериев перехода на новый уровень в развитии транспортных средств является повсеместное внедрение непрерывного мониторинга функционирования машин и условий их эксплуатации. Наиболее перспективным направлением научных исследований в рассматриваемой предметной области является разработка интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Такие системы обеспечивают возможность интеллектуального взаимодействия с единичными транспортными средствами либо с транспортным потоком посредством информационных и телекоммуникационных технологий с целью повышения эффективности использования наземного транспорта и повышения безопасности дорожного движения [1].

Альтернативой привычным номерам могут являться RFID-метки. Основой этого способа является считывание радиосигналов. Каждая метка имеет уникальный код. RFID-метка позволит распознать автомобиль и записанные данные о нем в коде мгновенно считываются посредством антенны.

По данным компании ГК «Микрон», являющейся крупнейшим производителем микроэлектроники в России, но опирающейся на производство радиочастотной аппаратуры для процессов логистики, в октябре этого года были освоены датчики с возможностью установки на различные поверхности, включая металл, а также функционирующих в сложных климатических условиях [2].

Программы импортозамещения существенно удешевляют процесс установки средств контроля за участком дорожной сети. Соответственно, выгодней развивать свой рынок высокочастотной аппаратуры.

Ещё 14 августа 2013 года Дмитрием Медведевым было назначено подготовить предложения по внедрению микрочипов с радиочастотной идентификацией в автомобильные номера. Однако эта идея в России не смогла укорениться по многим причинам. Тем не менее, в Китае по данным журнала The Wall Street Journal Правительство Китая подготовило программу,

позволяющую отслеживать автомобили с помощью RFID-датчиков. С помощью такого нововведения правительство планирует отслеживать автомобили в рамках антитеррористических мероприятий, регулировать поток автомобилей для борьбы с загрязнением воздуха. Сейчас получение номера с чипом действует на добровольной основе, а с начала 2019 года получение нового номера будет носить обязательный характер. Аналогичная система используется и в других странах: Азербайджан, Южная Африка, Дубай [3].

Опыт Китая, где каждый год регистрируется около 30 тысяч машин, будет безусловно полезен в плане получения данных для анализа эффективности данной системы. На данный момент оценить полезность мероприятия по чипированию машин не представляется возможным, особенно в масштабах России. Так как нововведение следует проводить на региональном уровне, ввиду установки целого комплекса устройств, то оценить ситуацию на конкретной местности, при условии постоянного перемещения автомобилей из региона в регион – проблематично. Транспортные средства, не оснащенные подобными метками и следующие транзитом, будут снижать эффективность от внедрения системы. И к оценке эффективности подобных условий плохо применимы существующие методы оценки эффективности. Схожая проблема остановила США, где в каждом штате имеется свой формат номера и требований к водителям.

Очередной проблемой на данный момент являются экономическая составляющая цена такой метки пока недостаточно низка для массового использования. Печать электропроводными чернилами является одним из самых перспективных путей удешевления производства. А также возникает вопрос об интеграции ответного блока RFID с существующими средствами фиксации. Также, остается возможность взлома кода. При условии отслеживания места положения в онлайн режиме должна быть сформирована нормативно-правовая база и достаточный уровень конфиденциальности информации. С ростом защиты информационных ресурсов, также развивается противоположное, хакерское, направление.

Сама радиочастотная идентификация RFID это система взаимосвязанных объектов. Основным информационным звеном является метка (tag). В себе оно содержит минимум три части: интегральная схема, на которой хранится и обрабатывается информация, а также модулируется (и демодулируется сигнал в случае двусторонней связи) сигнал; средство сбора мощности, обеспечивающей работу чипа (в активных датчиках – встроенный аккумулятор, в пассивных – ток образуется при прохождении сигнала от считывателя через рамку); антенну – основной элемент для передачи (приема) сигнала, а также для наведения тока в пассивных датчиках.

Каждая метка содержит уникальный код, записывающийся непосредственно на производстве или с возможностью перезаписи в ходе эксплуатации. Первый вариант является более надежным. К такому коду в базе присваиваются необходимые данные (марка, номер, цвет автомобиля и т.п.).

Следующий этап – поступление сигнала на считыватель (reader) и обработка его на стационарном устройстве с разработанным программным обеспечением. Подобная система, способная обрабатывать сигналы и давать команду другим устройствам сети, разработана для системы умный дом. Система Savant позволяет управлять целой системой, анализируя свои ошибки типа неверного распознавания кода. [4]

Конфликт разных источников сигнала решен схемой считывания TDMA. Этот способ позволяет считывать ридером нескольких радиочастот в промежуток времени. Эта система необходима для многополосных дорог, где одновременно в зону будет попадать несколько RFID меток. Мультиплексирование канала происходит за счет предоставления каждому источнику индивидуального интервала времени (слота). Более дорогим решением может являться установка считывателя на каждую полосу. Однако последнее решение имеет больший ресурс для обработки данных, но и излучение будет более концентрированным. Пассивные метки требуют более сильный радиочастотный сигнал, что может вызвать вопросы о влиянии на здоровье. Этот вопрос следует поручить для изучения в медицинских структурах. На это будет влиять и плотность потока, и технические возможности развития RFID.

На корректность использования меток будут влиять наличие помех от сторонних радиочастотных сигналов, от источников мощного электромагнитного поля, от наличия материалов, глушащих сигнал (водная среда, металлы), а также невозможность хакерских атак. В технологии иммобилайзера были случаи копирования устройств бесключевого доступа.

Технология бесконтактной оплаты NFC является частным случаем RFID, действующей на более коротких дистанциях. Успешно применяется банковскими системами, но в последнее время участились случаи кражи данных карт или просто

Основные частотные диапазоны:

- Европа (ETSI): 865,6 ~ 867,6 МГц, включая более узкий диапазон РФ 866,6 ~ 867,4 МГц;
- США (FCC): 902 ~ 928 МГц;
- Япония: 952 ~ 956,4 МГц (до 2018 года, а сейчас и в дальнейшем действует второй диапазон 916,7 ~ 920,9 МГц);
- Китай: 920,5 ~ 924,5 МГц.

На выбор действующей частоты влияет регулирование использования электромагнитного поля в государстве.

Средства контроля движения должны поспособствовать стабилизации ситуаций на дорогах и сделать их более подконтрольными. Это достижимо в условиях упорядоченного движения, без нарушений ПДД, а не в хаосе, который зачастую встречается на дорогах крупных городов. Одной из перспективных конечных целей является достижение максимального уровня соблюдения Правил дорожного движения. Это положительно скажется на статистике ДТП, а также поспособствует использованию беспилотных автомобилей и

упорядочению транспортных потоков, что является достаточно реальным в условиях современного прогресса автоматизации.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011. Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы [Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Домены обслуживания в области интеллектуальных транспортных систем, групп услуг и сервисов]. 2012-03-01 М.:, 2012, с. 120. (Межгосударственный стандарт).

2. CNews «Микрон» выпустил защищенные RFID-метки дальнего радиуса действия для сложных климатических условий [Электронный ресурс]. – Электронный журн. – М. – 2018 – 3 октября – Режим доступа: <http://www.cnews.ru/news>

3. Kubota Y. A chip in the windshield: China's surveillance state will soon track crs//The wall street journal [Электронный ресурс]. – Электронный журн. – 2018 – 13июн. – Режим доступа: <https://www.wsj.com/articles>

4. GS1 Moldova EPC – Электронный код продукта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gs1md.org/ru/publicatii/>

5. Chris Paget Extreme-range RFID tracking // Blackhat USA. – Las Vegas: Blackhat USA, 2010.

ЛЕСОСЕЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПОМОЩИ ОДНОМАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ

И.В. Григорьев, Т.М. Пудова

Якутская государственная сельскохозяйственная академия

Аннотация. В статье выполнен анализ одномашинных комплексов для заготовки древесины. Показано, что в ряде случаев они могут показать большую эффективность на лесосечных работах, нежели комплексы машин из двух, трех и более. Рассмотрены валочно-сучкорезно-раскряжевно-трелевочные машины, также называемые харвардерами, и валочно-трелевочно-сучкорезно-раскряжевные машины, также называемые валочно-процессорными.

Ключевые слова: *лесосечные работы, системы машин для лесозаготовок, технологические процессы лесосечных работ.*

LOGGING OPERATIONS USING A SINGLE-MACHINE COMPLEXES

I.V. Grigorev, T.M. Pudova

Yakut state agricultural Academy

Abstract. In the article the analysis of single-machine systems for harvesting wood. It is shown that in some cases they can show greater efficiency in logging operations than complexes of machines of two, three or more. Considered a Feller-cuccarese-bucking-skidding machine, also called harardere and felling-skidding-cuccarese-bucking machine, also called a Feller-processor.

Keywords: *logging operations, machines for timber harvesting technological process of logging operations.*

Рациональный выбор системы машин для эффективного проведения лесосечных работ зависит, прежде всего, от принятого технологического процесса, а также от финансовых возможностей предприятия.

Под системой машин понимается совокупность машин и оборудования различного функционального назначения, взаимоувязанных по техническим и технологическим параметрам и предназначенных для последовательного выполнения технологического процесса лесосечных работ. Одной из наиболее эффективных форм организации работы систем машин являются комплексы (комплекты) [1].

Комплекс (комплект) формируется для эффективного функционирования системы машин в конкретных природно-производственных условиях и характеризуется количеством машин каждого типа, последовательностью их расстановки, а также наличием и типом технологических связей между ними.

В настоящее время зарубежные производители предлагают лесозаготовительным предприятиям широкий спектр машин и механизмов для лесосечных работ. К основным требованиям, предъявляемым к указанной технике, можно отнести: соответствие параметров и конструкции машины назначению и условиям применения; обеспечение минимальной энергоемкости процессов выполнения технологических операций; простота устройства, прочность и надежность конструкции; унификация и универсальность машин; износостойкость рабочих органов; минимальные затраты на обслуживание и ремонт [2].

Заготовка древесины по одному из трех технологических процессов сортиментной заготовки древесины в настоящее время уже доминирует в России.

К рабочим операциям основных лесосечных работ по сортиментной заготовке древесины (операции, в результате выполнения которых изменяются размеры, формы и свойства предмета труда) относятся: валка деревьев, очистка от сучьев и раскряжевка. К транспортным операциям (в результате выполнения которых изменяется месторасположение предмета труда) относятся трелевка и погрузка сортиментов на автолесовозы.

Технологический процесс, при котором с пасеки трелюются хлысты и раскряжевываются на верхнем складе, обычно, не рассчитан на использование лесозаготовительных машин. Работы по валке деревьев, очистке их от сучьев и раскряжевке обычно выполняются при помощи бензиномоторных пил. Подобная технология распространена на выборочных рубках, при отсутствии у предприятия высокопроизводительных многооперационных машин, позволяет использовать порубочные остатки для укрепления трелевочных волоков.

Технологический процесс, при котором с пасеки трелюются деревья, а обрезка сучьев и раскряжевка выполняются на верхнем складе, обычно, предусматривает использование комплекса машин, включающего валочно-пакетирующую машину и трелевочный трактор с пачковым захватом (скиддер),

на верхнем складе используется сучкорезно-раскряжевочная машина (также называемая процессор). При работе по такому технологическому процессу большая часть кроновой части деревьев (порубочных остатков) концентрируется на площадке верхнего склада, что снижает трудоемкость очистки лесосек и облегчает дальнейшее использование порубочных остатков.

Технологический процесс, при котором все рабочие операции по производству сортиментов выполняются у пня, являет собой классическую скандинавскую технологию заготовки древесины и в машинном варианте выполняется комплексом, включающем харвестер и форвардер. Один из недостатков работы такого комплекса заключается в том, что он не обеспечивает снижения затрат на сбор лесосечных отходов и их концентрацию на погрузочной площадке. Эти отходы образуются непосредственно на пасеке в деконцентрированном виде. В результате для переработки отходов рубительной машиной их необходимо собирать на лесосеке с применением еще одной машины - подборщика-погрузчика лесосечных отходов [3].

Отметим, что за рубежом принято делить технологические процессы лесосечных работ по виду трелюемых, а не вывозимых лесоматериалов, т.е. по европейской и американской классификации первый и второй технологические процессы относились бы к хлыстовой технологии заготовки древесины.

При формировании систем машин их основные показатели и параметры определяются природно-производственными условиями, к которым относятся: производственная программа участка, средний размер лесосек и степень их концентрации (расстояние между ними), рельеф местности, крупномерность и породный состав древостоя, наличие жизнеспособного подроста, почвенно-грунтовые условия, вид рубок. В свою очередь все эти факторы по отношению к системе машин могут быть отнесены к внутренним и внешним. Внутренние факторы определяются конкретной структурной схемой и организацией ее использования. Внешние факторы обусловлены действием окружающей среды.

К параметрам машин, определяющим структуру и размерность системы относятся мощность двигателя, грузоподъемность машины, тяговое усилие, давление на грунт, диапазоны рабочих и холостых скоростей, радиус поворота машины, ширина машины, максимальный вылет, грузоподъемность и угол поворота манипулятора, максимальный диаметр обрабатываемого дерева, углы устойчивости машины, продолжительность цикла обработки одного дерева (пачки) и т.д.

Основными параметрами условий применения системы машин являются породный состав древостоя, средний объем хлыста, распределение деревьев по объему (или диаметру), средняя высота и распределение высот деревьев, количество деревьев и запас леса на гектаре, уклон лесосеки, несущая способность почвогрунта, наличие, количество и характер расположения на лесосеке подроста, камней, ветровально-буреломной древесины и т.д. Помимо этого, сюда относятся погодные условия [4].

Факторами, обусловленными технологическими и эксплуатационными показателями, являются: вид рубки, применяемые схемы разработки лесосек, требуемая производительность. Видом рубки определяются способы

выполнения технологических операций, их очередность и задаваемые ограничения, а, следовательно, и тип машины.

В зависимости от природно-производственных условий применения системы и вида рубки отдельные из перечисленных факторов будут наиболее важными, а целый ряд может иметь при этом второстепенное значение. Для лесосечных работ наиболее важными факторами являются таксационные характеристики насаждений, почвенно-грунтовые условия, рельеф местности, требования к сохранению подроста, технология работ, способ рубки [5]. Для лесотранспортных работ - объем производства, концентрация лесосечного фонда, расстояние вывозки, рельеф местности, почвенно-грунтовые условия.

При формировании систем машин необходимо увязать между собой набор машин для последовательного выполнения всех технологических операций лесозаготовительного процесса. При этом должны быть согласованы количество операций, выполняемое каждой машиной, технические, технологические, эксплуатационные и энергетические показатели и параметры машин. Иначе говоря, каждая предыдущая машина должна создавать оптимальные условия для работы всех последующих машин или всего комплекса машин, принимающих участие в производственном процессе лесосечных работ [6].

Во многих лесных регионах России в освоенных эксплуатационных лесах лесосечный фонд становится все более разрозненным. В результате для освоения годичной лесосеки предприятия часть вынуждены разрабатывать небольшие по площади, удаленные друг от друга лесосеки, что часто делает невыгодным использование высокопроизводительных машинных комплексов из-за больших временных и материальных затрат на их частые перебазировки с лесосеки на лесосеку [7].

С точки зрения сервиса, снабжения запчастями и расходными материалами, крайне желательно, чтобы машины в комплексе были одного производителя [8].

Все эти сложности с принятием оптимального решения по формированию комплекса лесосечных машин во многом снимаются, если обратиться к концепции одна машина = комплекс, иначе говоря, одномашинного комплекса для заготовки древесины [9].

Таким примером из старых времен, при заготовке древесины целыми деревьями, может служить валочно-трелевочная машина (ВТМ), если последующая вывозка деревьев производилась при помощи самопогружающихся автолесовозов.

С точки зрения скандинавской технологии заготовки древесины, в свое время зарубежными разработчиками была предложена концепция харвардеров (иногда их называют форвестерами, а иногда комбимашинами), или по отечественной классификации валочно-сучкорезно-раскряжевно-трелевочных машин [10].

Однако эти машины большого распространения не получили, в том числе и в России, да и производится (производилось) их не так много. Проблема харвардера, часто представляющего собой форвардер (сортиментоподборщик

по отечественной классификации) оснащенный харвестерной головкой в том, что для привода харвестерной головки требуется значительно большая мощность (литраж гидросистемы), чем для грейферного захвата форвардера. В результате машина получается маломощная (рассчитанная на малые диаметры заготавливаемых деревьев, до 25 см.) и малопроизводительная. За рубежом они обычно встречаются на рубках ухода за лесом, но в России машинами рубки ухода практически не выполняются [11].

Если делать харвадер по принципу оснащения харвестера тележкой для сортиментов, то такая машина будет хорошо выполнять валку, обрезку сучьев и раскряжевку, но будет слишком тяжелой и энергоемкой для трелевки. Это связано, как минимум, с тем, что харвестер имеет много больший объем топливного бака, по сравнению с форвардером.

С точки зрения лесозаготовительного производства в условиях России такие машины имеют еще меньшие перспективы для широкого распространения, в связи с крайне сложными почвенно-грунтовыми условиями.

Надо признать, что у лесозаготовительных предприятий России практически нет опыта работы с харвардерами, но зато есть явно выраженное предубеждение, заключающееся в следующих аргументах: во-первых, считается, что харвардер, как более сложная машина имеет меньшую надежность, во-вторых, что оператору сложнее работать на такой машине, и она требует от него более высокой квалификации, в-третьих, у этих машин меньшая производительность, чем у пары – харвестер + форвардер.

Здесь следует отметить, что производительность харвардера безусловно меньше, чем у классической пары машин, в сопоставимых условиях, примерно, на 40-45%. Зато оператору харвардера, обычно, не надо подбирать сортименты с земли, поскольку раскряжевка, обычно, идет прямо в грузовую тележку. К тому же, такие машины и нужны в том случае, когда высокая производительность не требуется, а требуются меньшие капиталовложения. В данном случае капиталовложения снизятся, примерно, на 35-40%, в сравнении с приобретением классического комплекса из харвестер и форвардера. С учетом того, что работа операторов как харвестера, так и форвардера имеет свою ярко выраженную специфику, конечно, от оператора харвардера требуется больше навыков и профессионального мастерства, от которых напрямую будет зависеть не только производительность, но и надежность машины. Производственный опыт, в том числе и использования одномашинных комплексов в России, показывает, что львиная доля поломок лесных машин связана с пресловутым человеческим фактором [12].

В свое время все производители лесных машин из «большой тройки» разработали такие машины. В фирме Джон Дир опытный экземпляр харвардера был испытан, но не был запущен даже в мелкосерийное производство. Фирма Камацу форест (Валмет) предлагала в России харвадер Valmet 801 combi, но большого успеха в продажах он не получил. Сейчас можно найти объявления о его продажах в России, в разделе б/у техники.

Компания Понссе выпускает и продает в России харвардер PONSSE BUFFALO DUAL – это 14-тонная машина на базе форвардера PONSSE Buffalo.

Ее можно быстро без больших усилий трансформировать в харвестер или форвардер. Пожалуй, на сегодняшний день, это единственная марка харвардера, предлагаемая производителями лесных машин в России.

Известны еще ряд единичных или мелкосерийных разработок, не нашедших широкого спроса потребителя, который, как известно, решает все. Например, шведский инженер Кристер Леннартссон, на выставке Elmia Wood в 2013 году, представил первый харвардер для рубок главного пользования, имеющий рабочее название «The Beauty» (Красота), который имел ряд новых решений. В лесу машина валила деревья и обрезала сучья. Раскрыжевка была перенесена на верхний склад. Машина могла выполнять также погрузочные операции (штабелевку, загрузку автолесовозов). Для этого харвестерная головка могла заменяться грейферным захватом. Замена производилась с помощью специальной системы, позволявшей оператору делать это за десять секунд из кабины.

По большому счету, на первом технологическом этапе, Харвардер «The Beauty» работал как валочно-сучкорезно-трелевочная машина. Это позволяло снизить давление трелевочной системы на почвогрунт, за счет трелевки в полупогруженном положении. Но, при этом кроновая часть заготовленных деревьев оставалась на лесосеке, что затрудняло ее дальнейшую очистку, а также полезное использование порубочных остатков. Иначе говоря, «The Beauty» не совсем харвардер, поскольку не производил сортименты у пня, что предусматривается скандинавской технологией заготовки древесины, а работал по цепочке первого технологического процесса.

Безусловно, теоретически, использование ВТМ имеет серьезное преимущество, связанное с отсутствием необходимости в наличии специальной трелевочной техники, когда арендованный лесосечный фонд состоит из небольших разрозненных лесосек. В состав технологического оборудования таких машин входят: гидроманипулятор, на свободном конце которого установлено захватно-срезающее устройство (ЗСУ), и кониковый зажим (коник) для сбора и удержания собираемых деревьев. Благодаря наличию гидроманипулятора эти машины с одной технологической стоянки могут собирать несколько деревьев, что уменьшает время, затрачиваемое на переезды машины во время набора пачки.

Использование ВТМ позволяет концентрировать большую часть кроны заготавливаемых деревьев на верхнем складе, что облегчает их дальнейшую утилизацию, но для получения сортиментов все равно необходимо использование дополнительной машины – процессора.

Очень перспективной представляется технология, разработанная в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ), под руководством доктора технических наук, профессора И.Р. Шегельмана [13].

Разработанная учеными ПетрГУ технология основывается на использовании валочно-трелевочно-процессорной машины (ВТПМ). Общая схема компоновки ВТПМ заключается в том, что на самоходное шасси устанавливается зажимной коник и манипулятор с харвестерной головкой. При помощи манипулятора и харвестерной головки осуществляется валка деревьев,

погрузка их в коник, обрезка сучьев и раскряжевка на погрузочной площадке. Кроме этого манипулятор с харвестерной головкой используются для сортировки и штабелевки готовых сортиментов. Зажимной коник позволяет удерживать пачку деревьев на машине. Таким образом, принципиальное отличие компоновки ВТПМ от ВТМ заключается в установке вместо захватно-срезающего устройства харвестерной головки.

Машины такой компоновки производятся сейчас за рубежом. В России их, например, представляет компания Сибтрак машины. Это машины NF160-4R; NF160-6R; NF210-4R; NF210-6R, оснащенные агрегатом Woody 50.

Валочно-трелевочно-процессорная машина (ВТПМ) предназначена для срезания дерева, трелевки набранной пачки деревьев, обрезке сучьев и раскряжевки на сортименты.

ВТПМ заменяет три машины классического лесозаготовительного комплекса, широко распространенного в Сибири и на Дальнем востоке, включающего валочно-пакетирующую машину + скиддер + процессор. Но, в самом лучшем случае, ее производительность будет, при прочих равных условиях, составлять около 30%, от указанного трехмашинного комплекса. Также, как и у харвардера, будут выше требования к квалификации и профессиональному мастерству оператора. Стоимость машины сопоставима с харвардером. Однако ее преимуществом является то, что она без проблем может работать на сплошных рубках спелых и перестойных насаждений. Давление на почвогрунт, при трелевке такого же объема пачки, как у харвардера, у ВТПМ меньше, за счет полупогруженного положения пачки.

Работа такой машины имеет определенные сходства с работой ВТМ. При необходимости, ВТПМ может работать в режиме харвестера, выполняя на лесосеке валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку на сортименты, работая в комплексе с форвардерами. В этом случае зажимной коник снимается, а технология работы сходна с технологией разработки лесосеки харвестером.

Кроме того, ВТПМ может вполне успешно работать как валочно-трелевочно-сучкорезная машина (ВТСМ), если на предприятии принят технологический процесс с отгрузкой, или сброской на воду, хлыстов. Что встречается на лесозаготовительных предприятиях Сибири и Дальнего востока [14].

К большому сожалению, вышеописанная передовая технология, на наш взгляд, имеет в настоящее время небольшие шансы на широкое внедрение в лесозаготовительном производстве России. Это связано, прежде всего, с отсутствием доступной лесозаготовительным предприятиям линейки ВТПМ для различных природно-производственных условий работы, которые в России варьируются в очень широком диапазоне.

Формирование пачки деревьев и ее трелевка являются одними из самых трудоемких операций выполняемых ВТПМ. Поэтому производительность такой машины в значительной степени зависит от величины рейсовой нагрузки, времени формирования пачки и скорости движения в грузовом и порожнем направлениях.

Производительность трелевочных систем повышают двумя путями. Первый заключается в увеличении нагрузки на рейс. Однако такой подход достаточно ограничен, так как с увеличением объема трелеваемой пачки увеличивается время на её формирование. Также в некоторых случаях по разным причинам вообще невозможен сбор большого пакета древесины. Второй подход заключается в увеличении скорости движения машины. Ввиду этого ВТПМ должна обладать высокой скоростью движения и маневренностью.

В настоящее время на трелевке используют гусеничное и колесное самоходные шасси. За рубежом наиболее широко распространены колесные шасси. Это связано с рядом преимуществ колесных систем. К этим преимуществам относятся: высокая скорость передвижения, маневренность, меньшая металлоемкость, удобство обслуживания и управления и др.

Список литературы

1. Пятакин, В.И. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ: учебник/В.И. Пятакин, И.В. Григорьев, А.К. Редькин и др. - СПб: СПбГЛТА, 2009. - 362 с.
2. Григорьев И.В. Технология и машины лесосечных работ: учебное пособие. /И.В. Григорьев, И.И. Тихонов, О.А. Куницкая - СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – 132 с.
3. Пятакин, В.И. Технология и машины лесосечных работ /В.И. Пятакин, И.В. Григорьев, А.К. Редькин, В.А. Иванов, Ф.В. Пошарников, И.Р. Шегельман, Ю.А. Ширнин, В.А. Кацадзе, В.Д. Валяжонков, Ю.А. Бит, А.В. Матросов, О.А. Куницкая/Учебник для вузов. Под ред. В.И. Пятакина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. -362 с.
4. Григорьева О.И. Новая машина для очистки лесосек /О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 5-3 (10-3). С. 96-99.
5. Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И. Технология и машины лесовосстановительных работ /И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, А.И. Никифорова/СПб.: Издательство «Лань», 2015. -272 с.
6. Григорьев, И.В. Средооадающие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации /И.В. Григорьев, А.И. Жукова, О.И. Григорьева, А.В. Иванов/СПб.: Издательство СПбГЛТА, 2008. -176 с.
7. Куницкая, О.А. Актуальные проблемы лесозаготовительного производства в России на рубеже 2015 года /О.А. Куницкая//Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. - Воронеж.: ВГЛТА, 2014. Том 2, С. 183-186.
8. Григорьева О.И. Новая машина для проведения рубок ухода за лесом /О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-2 (13-2). С. 116-119.

9. Григорьев И.В. Новые технологические процессы лесосечных работ /И.В. Григорьев, А.М. Газизов, О.И. Григорьева // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (38). С. 97-102.

10. Григорьев И.В. Сравнение одномашинных комплексов для сортиментной заготовки древесины /И.В. Григорьев, Никифорова А.И., Григорьева О.И. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 9-2 (20-2). С. 125-128.

11. Григорьева О.И. Перспективные направления повышения эффективности проведения рубок ухода за лесом /О.И. Григорьева // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 56-58.

12. Дмитриева М.Н. Анализ общих закономерностей влияния стажа работы оператора на производительность технологического процесса производства сортиментов с использованием харвестера / М.Н. Дмитриева, И.В. Григорьев, И.Н. Дмитриева, М.В. Степанищева // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 1 (25). С. 157-161.

13. Способ выполнения лесосечных работ агрегатной машиной. Патент России № 2426303, МПК: А01G 23/00 / И.Р. Шегельман, В.И. Скрыпник, П.В. Будник, В.Н. Баклагин. Опубл.: 20.08.2011.

14. Григорьев И.В. Перспективные направления развития технологических процессов лесосечных работ /И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, А.И. Никифорова, В.М. Глуховский // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2016. № 2 (184). С. 109-116.

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ЦИКЛА ДВИГАТЕЛЯ С ДОБАВКОЙ ВОДЫ К РАБОЧЕМУ ТЕЛУ

А.А. Гриценко, Е.С. Ошкало, А.Е. Свистула

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. В основу расчетного метода положен тепловой расчет с учетом воды в составе рабочего тела. Построены графические зависимости влияния концентрации воды на показатели цикла и двигателя. Выполнена оценка термодинамического воздействия воды в составе рабочего тела на показатели рабочего цикла.

Ключевые слова: *двигатель, рабочее тело, добавка воды, численное моделирование.*

THERMAL CALCULATION FEATURES OF THE ENGINE CYCLE WITH WATER ADDITIVE TO THE WORKING MEDIUM

A.A. Gricenko, E.C. Oshkalo, A.E. Svistula

Polzunov Altai State Technical University

Abstract. Thermal calculation taking into account water additive as a part of a working body is the basis for a calculation method. Graphic dependences of influence of water concentration in a working medium on indicators of a cycle and the engine are constructed. Assessment of

thermodynamic influence of water as a part of a working medium on running cycle indicators is executed.

Keywords: engine, working medium, water additive, numerical modeling.

Одним из действенных методов повышения энергоэкологических показателей двигателя является интенсификация рабочего процесса при использовании добавки воды к воздуху или топливу (водотопливные эмульсии) [1, 2]. Многочисленными исследованиями установлено: снижается выброс сажи и оксидов азота с ОГ, расход топлива, теплонапряженность деталей, сокращается нагарообразование в цилиндрах; увеличивается ресурс распылителей и др. [1,3-7].

В настоящей работе выполнена оценка термодинамического воздействия присадки воды к рабочему телу на показатели рабочего цикла. Положительное влияние на цикл двигателя заключается в возрастании удельного объема и количества смеси газов в индикаторном процессе при парообразовании капель воды с одновременным поглощением части выделенного тепла топливом.

В качестве допущений принимаем, что присадка воды требует определенное количество теплоты на испарение и изменяет состав и количество рабочего тела, увеличивая концентрацию водяного пара и, тем самым, влияя на теплоемкость; полагаем, что присадка воды вводится в цикл одновременно с подводом теплоты, не изменяя ее скорость [1]. В основу методики расчета рабочего процесса с учетом теплоты парообразования и теплоемкости водяных паров в рабочем теле положен метод теплового расчета [4, 8] в предположении, что водяной пар служит инертной теплоемкой добавкой к рабочему телу, поглощающий определенное количество теплоты на парообразование.

Долю воды, поданной в цикл, будем учитывать относительной величиной

$$\zeta = G_{H_2O} / G_T, \quad (1)$$

где G_{H_2O} – расход воды, кг/ч; G_T – расход топлива, кг/ч.

Количество присадки воды в кмоль на 1 кг топлива

$$M'_{H_2O} = \zeta / \mu_{H_2O}, \text{ кмоль/кг.} \quad (2)$$

Общее количество паров воды в продуктах сгорания 1 кг топлива с присадкой воды

$$M_{H_2O} = H/2 + M'_{H_2O}, \text{ кмоль/кг,} \quad (3)$$

здесь H – доля водорода в топливе, μ_{H_2O} – молярная масса воды, кг/кмоль.

Относительные доли присадки воды и общего количества паров воды в продуктах сгорания

$$r'_{H_2O} = M'_{H_2O} / M_2; r_{H_2O} = M_{H_2O} / M_2, \quad (4)$$

где M_2 – общее количество продуктов сгорания 1 кг топлива с присадкой воды.

Теоретический коэффициент молекулярного изменения составит $\mu_0 = M_2 / M_1$, M_1 – количество свежего заряда, кмоль.

Параметры рабочего тела, соответствующие концу процесса сжатия определяются по известным зависимостям [9].

При выполнении сравнительных расчетов располагаемую теплоту задаем как $Q_H - \zeta R_{исп}$, в составе рабочего тела учитываем наличие дополнительной доли водяных паров r'_{H_2O} . Здесь Q_H – низшая теплота сгорания топлива, $R_{исп}$ –

теплота парообразования в зависимости от различных давлений и температур [2, 8, 9].

Максимальное давление сгорания определяется по выражению

$$P_z = \lambda P_c, \quad (5)$$

λ - степень повышения давления может приниматься постоянной величиной в предположении неизменности характеристики подачи топлива.

Для определения максимальной температуры цикла используем выражение первого закона термодинамики для смешанного подвода тепла

$$Q_c - Q_{wz} - Q_{исп} = U_z|_0^{T_z} - U_c|_0^{T_c} + L_{cyz}, \quad (6)$$

Q_c – тепловой эффект реакции сгорания топлива при температуре T_c [9]; Q_{wz} - учитывает потери теплоты через стенки, $Q_{исп}$ – потеря тепла на испарение воды, L_{cyz} - работа цикла, U – внутренняя энергия РТ.

На основании закона Кирхгофа [8]

$$Q_c = Q'_h + U_c|_0^{T_c} - U_z|_0^{T_c}. \quad (7)$$

Преобразуя последние выражения, получим

$$Q'_h - Q_{wz} + 2U_c|_0^{T_c} - Q_{исп} = U_z|_0^{T_z} + U_z|_0^{T_c} + L_{cyz}, \quad (8)$$

вводя ξ_z – коэффициент активного тепловыделения,

$$\xi_z (Q'_h - Q_{исп}) + 2U_c|_0^{T_c} - Q_{исп} = U_z|_0^{T_z} + U_z|_0^{T_c} + L_{cyz}. \quad (9)$$

В последнем выражении учтены потери в цикле на испарение присадки воды, а также изменение состава и теплоемкости рабочего тела через его внутреннюю энергию [9].

Для процесса расширения аналогично с учетом [8] можно записать

$$(\xi_b - \xi_z) (Q'_h - Q_{исп}) + 2U_z|_0^{T_z} - U_b|_0^{T_z} - U_b|_0^{T_b} = L_{zb}. \quad (10)$$

Здесь изменение состава и теплоемкости рабочего тела за счет присадки воды учитывается через изменение внутренней энергии U его компонентов [7-9].

Расчеты сравнительного характера проведены применительно к рабочему процессу быстроходного дизеля Ч13/14. За базовый принят режим с $\alpha=1,4$, соответствующий режиму максимального крутящего момента. Присадка воды по отношению к расходу топлива задавалась в диапазоне $\zeta = G_{H_2O}/G_T = 0 \dots 1$. Результаты расчета представим в безразмерном виде в относительных величинах.

Добавка воды требует расхода теплоты на ее испарение $Q_{исп}$ и нагрев $Q_{наг}$ от температуры кипения до T_z . На рисунке 1 приведено изменение указанных величин относительно теплоты введенной с топливом в зависимости от величины ζ . Расход теплоты на нагрев порции воды превышает расход на испарение. Но это соотношение будет зависеть от уровня T_z . Снижение нагрузки и увеличение доли воды ζ приведет к падению T_z и изменению соотношения между $\bar{Q}_{наг}$ и $\bar{Q}_{исп}$. Соответственно изменение $\bar{Q}_{наг}$ имеет нелинейный характер.

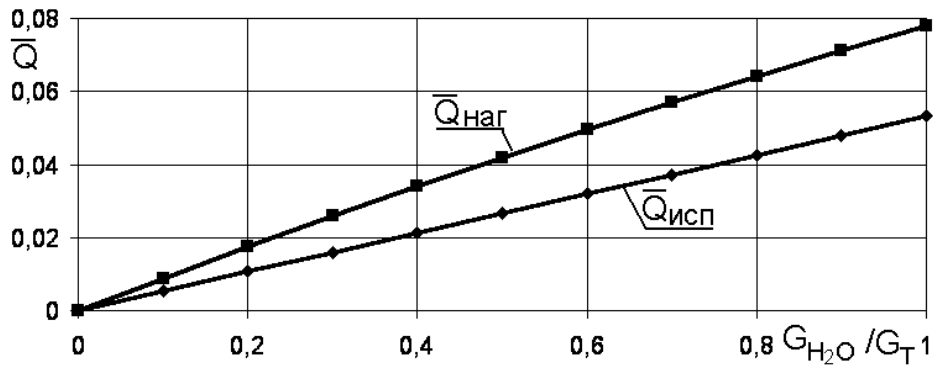


Рис. 1. Влияние присадки воды на относительный расход теплоты на испарение и нагрев до температуры T_z

Относительное изменение некоторых показателей цикла при увеличении присадки воды показано на рисунке 2.

Отмечен линейный рост содержания паров воды при увеличении величины ζ . При достижении $\zeta=1$ содержание паров воды в РТ растет почти вдвое. Коэффициент молекулярного изменения теоретический μ_0 и действительный μ увеличиваются практически по линейной зависимости при достижении $\zeta=1$, что свидетельствует о соответствующем росте количества рабочего тела примерно на 7,7%. С увеличением доли воды ζ отмечается снижение температур, среднего индикаторного давления P_i и индикаторного КПД η_i по причине расхода теплоты на испарение воды, изменения состава и теплоемкости рабочего тела. Увеличение количества рабочего тела на величину дополнительно введенной порции воды (как отмечалось выше на 7,7%), что должно привести к росту P_i , сказывается незначительно ввиду малости изменения μ .

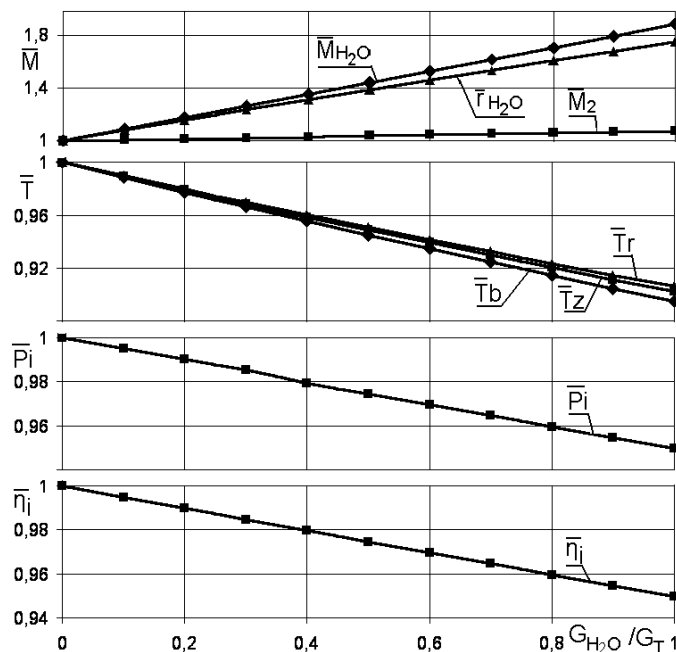


Рис. 2. Влияние присадки воды на относительное изменение показателей цикла

Итак, с учетом принятых допущений следует отметить, что добавка воды к рабочему телу приводит к росту доли водяных паров в продуктах сгорания и количества продуктов сгорания. Но потеря теплоты на испарение доли воды $\zeta=1$ и нагрев ее до температуры T_z снижает уровень температур цикла примерно на 10%, а P_i и η_i – на 5%. Снижение температурного уровня в цикле предопределяет снижение скорости реакции образования оксидов азота NO_x и концентрации их на выхлопе [3, 10].

Список литературы

1. Покровский, Е. А. Исследование особенностей рабочего процесса дизеля при впрыске воды в цилиндры [Текст] / Е. А. Покровский // Дисс.... канд. техн. наук. – Калининград, 1978. 217 с.
2. Свистула, А. Е. Двигатели внутреннего сгорания: учебное пособие [Текст] / А. Е. Свистула; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. 81 с.
3. Матиевский, Д. Д. Повышение экономичности и снижение вредных выбросов дизеля воздействием на рабочий процесс присадки газа к топливу [Текст] / А. Е. Свистула, Д. Д. Матиевский // Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. 2000. № 2. С. 122-129.
4. Свистула, А. Е. Снижение сажевыделения и расхода топлива в дизеле присадкой газа и воды к топливу [Текст] / А.Е.Свистула // Ползуновский вестник. 2007. № 4. С. 95-104.
5. Матиевский, Д. Д. Анализ эффективности использования теплоты в цикле дизеля с присадкой воды к рабочему телу [Текст] / А. Е. Свистула, Д. Д. Матиевский // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2004. № 1. С. 68-73.
6. Svistula, A. The influence of effective utilization degree of diesel engine cylinder air charge on soot emission and indicated efficiency [Text] / A. Svistula, D. Matievsky // Transport. 2005. Т. XX. № 3. С. 96-98.
7. Матиевский, Д. Д. Осуществление присадки воды к топливу и ее влияние на показатели цикла и индикаторный КПД дизеля [Текст] / А. Е. Свистула, Д. Д. Матиевский, А. Тактак // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2004. № 2. С. 105-110.
8. Двигатели внутреннего сгорания: Теория рабочих процессов поршневых и комбинированных двигателей [Текст] / Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1983. 372 с.
9. Дубовкин, Н. Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания [Текст] / Н.Ф. Дубовкин. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. 288 с.
10. Матиевский, Д. Д. Анализ воздействия присадки воды к рабочему телу в дизеле на показатели цикла и индикаторный КПД [Текст] / Д. Д. Матиевский, А. Е. Свистула, А. Тактак // Вестник алтайской науки. 2004. № 1. С. 234-237.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХАБА НА ПРИМЕРЕ АЭРОПОРТА «ТОЛМАЧЕВО»

Т.С. Громова, Н.О. Новикова

Научный руководитель: О.О. Смолина

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)*

Аннотация. В данной научной статье рассмотрены транспортные проблемы крупнейших городов. Другими словами – проблема перегруженности дорог. Изучены главные пути решения этих проблем. Сформулированы принципы изменения сложившейся городской транспортной системы. Даются определения таким терминам, как аэропорт, хаб, «транспортно-пересадочный узел». Проанализированы особенности и положительные качества применения ТПУ в улично-дорожной сети. Исследована транспортная ситуация города Новосибирска.

Ключевые слова: транспортные проблемы, транспортно-пересадочный узел, аэропорт, улично-дорожная сеть, хаб, общественный транспорт.

PROBLEMS OF FORMING THE HUB BY THE EXAMPLE OF TOLMACHEVO AIRPORT

T.S. Gromova, N.O. Novikova

Scientific adviser: O.O. Smolina

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)

Abstract. This scientific article considers the transport problems of the world largest cities. In other words - the problem of road congestion. The main ways to solve these problems were considered. The principles of changing the existing urban transport system were formulated. Definitions have been given to terms such as airport, hub, “transport hub”. Features and positive qualities of the application of TPU in the road network were analyzed. Transport situation of the city of Novosibirsk was investigated. Also, investigation of the transport situation of Novosibirsk was made.

Keywords: transport problems, transport hub, airport, road network, hub, public transport.

Введение

Аэропорт – это технологически сложный комплекс сооружений, предназначенный для приёма, отправки, базирования воздушных судов и обслуживания воздушных перевозок, имеющий для этих целей аэродром, аэровокзал (в крупных аэропортах нередко несколько аэровокзалов), один или несколько грузовых терминалов и другие наземные сооружения и необходимое оборудование [1].

Хабом – это узловой, достаточно крупный транзитный и пересадочный аэропорт, обладающий выгодным экономико-географическим положением на пересечении транспортных маршрутов. Хабы реализуют деятельность распределительных центров, служащих для того, чтобы пассажиропотоки, приходящие в одну точку, следовали далее по целому ряду маршрутов. Для выполнения таких схем и их работы должна быть принята во внимание географическая направленность и численность потоков. Основная цель

возведения хабов – концентрация пассажиропотоков в узле, которая позволяет повысить рентабельность перевозок, увеличить количество направлений и частоту рейсов в конечные точки назначения, куда магистральному перевозчику летать невыгодно.

Существует несколько параметров, по которым можно установить готовность аэровокзального комплекса выполнять функции хаба:

- *Геополитическое положение аэропорта в стране, регионе* (столица, центр экономического региона).

- *Сформированность инфраструктуры аэровокзала* (летное поле, пассажирский и грузовой терминалы, пропускная способность терминалов, транспортные связи) *и потенциал будущего роста аэропорта и аэродромного комплекса*. В большинстве случаев, в узловых аэропортах имеются две и более обособленные взлетно-посадочные полосы, что дает шанс более продуктивно использовать возможность по увеличению пассажиропотока.

- *Реализация оптимального количества стыковок*. Задача хаба заключается в концентрации входящих авиатранспортных потоков и перераспределении их на исходящие направления путем организации так называемых стыковочных волн.

- *Уровень обслуживания пассажиров и грузов в аэропорту* (способность обеспечить время пересадки в соответствии с требованиями перевозчика и общемировой практикой путем организации стыковочных волн и четкое выполнение расписания). В мировой практике время, необходимое для транзитной пересадки в аэропорту, составляет 30-60 мин, а при выполнении таможенных процедур – до 2-3 ч.

- *Наличие хабообразующей авиакомпании или альянса авиакомпаний*.

Из этого следует, что аэропорт «Толмачево» можно назвать хабом, но он не удовлетворяет некоторым критериям, таким, как транспортные связи или транспортная доступность, количество полос минимально допустимое, дополнительный терминал для возможности увеличения пассажирских потоков. На данный момент единственным удобным средством связи непосредственно с аэропортом является трасса М-51. Но с учетом того, что перед аэропортом стоит задача по дальнейшему развитию, необходимо развитие транспортных связей с аэропортом.

Постановка задач

Современные крупные города испытывают серьезные транспортные проблемы, связанные с загруженностью улично-дорожной сети. Между тем, финансирования обычно недостаточно для комплексного решения задач, поэтому возникает необходимость выбора определенного пути. Без сомнения, развитие общественного транспорта является основополагающим и самым рациональным решением. Чаще всего, самые загруженные места на дорогах располагаются на въездах в населенный пункт. Там же находятся и аэровокзальные комплексы. Расположение *транспортно-пересадочных узлов* в таких точках может способствовать их разгрузке, особенно в пиковые периоды [2].

Развитие рельсового транспорта является наилучшим решением для крупных городов (высокоскоростные поезда, метрополитен, трамваи и другое). Эти транспортные средства обладают высокой провозной способностью, вследствие чего возрастают пассажирские перевозки. [3].

Рациональней всего может быть включение вокзала высокоскоростного железнодорожного сообщения в транспортно-пересадочный узел. Данный вид ТПУ будет эффективен при расположении на более загруженных участках улично-дорожной сети. Так жители малых населенных пунктов, расположенных рядом с крупным городом, получают возможность беспрепятственно попадать в место назначения, совершая пересадки в ТПУ [4].

Следует выделить такой тип ТПУ, который включает в себя аэровокзальный комплекс. В этом случае ТПУ становится уникальным и ключевым объектом транспортной системы города. Такие проекты являются более сложными с точки зрения подхода к структуре и функциональным связям. Возникает необходимость создания точной логистики для обеспечения беспрепятственного попадания пассажиров в ТПУ и их дальнейших передвижений. Существование такого узла может стать серьезной альтернативой индивидуальному виду транспорта, так как этот способ является более надежным и удобным, а также позволяет избежать пробки. Таким образом, выполняется один из важнейших критериев для создания хаба - транспортная доступность. По сути, создается многофункциональный транспортно-пересадочный комплекс - мультимодальный узел.

Заключение

Новосибирск - это третий по численности населения город России. Образует городской округ, являющийся самым населённым муниципальным образованием в стране. Самый молодой город-миллионер.

Главными транспортными артериями города, которые соединяют Новосибирск с другими крупными населенными пунктами, а также служащие для проезда транзитного транспорта являются: Бердское шоссе, Гусинобродское шоссе и Омский тракт. Эти дороги являются самыми проблемными для города Новосибирска.

Если взглянуть на схему транспортной доступности (рис.1), то можно сделать вывод, что в центральные районы из окраин города движение крайне затруднено. Люди могут проводить в пробках и заторах достаточное количество времени чаще всего не из-за ДТП, а из-за малой пропускной способности этих дорог и несовершенной транспортной системы [5].

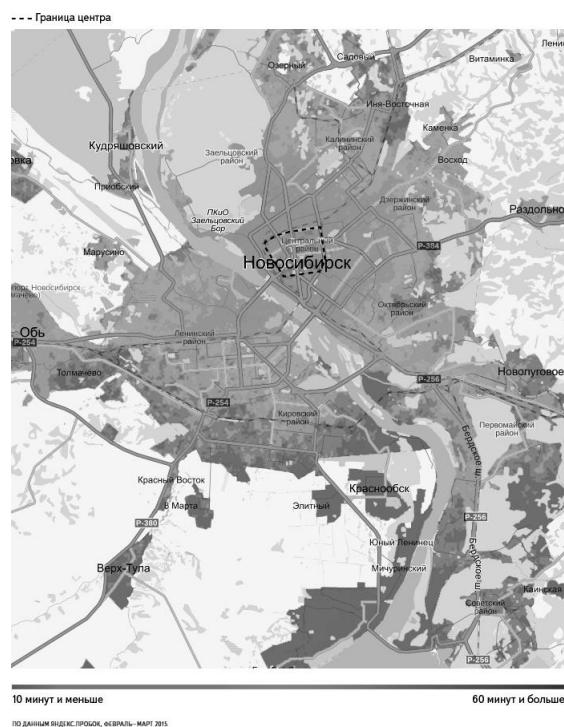


Рис.1. Карта транспортной доступности районов Новосибирска

Основным объектом изучения стал Омский тракт. Эта магистраль соединяет Новосибирск с городом Обь, аэропортом «Толмачёво», городом Омском и другими многочисленными населенными пунктами, расположенные вдоль трассы. Характерной чертой этой дороги является не только то, что она является путем доступа на рабочие места для жителей периферии, но и то, что эта трасса - единственный способ добраться до аэровокзала из города. С этим как раз и связана высокая загруженность магистрали.

Проанализировав ситуацию этой магистрали, нами был выявлен ряд проблем:

1. Санитарно-экологическая обстановка города Обь, связанная со строительством и вводом в эксплуатацию автодороги «Новосибирск - аэропорт «Толмачёво».

2. В связи с реализацией в настоящее время вблизи города Оби крупнейшего инвестиционного проекта по созданию промышленно-логистического парка необходимо развитие железнодорожной сети.

3. На данный момент существует проблема социально-экономического развития города Обь, которая может быть решена с развитием аэропорта «Толмачёво», так как это послужит стимулом к развитию жилой застройки в непосредственной близости к аэропорту и проектируемым ТПУ.

4. Потенциальное строительство новых пассажирских терминалов приведет к неминуемому увеличению пассажирского потока в аэропорт, что усугубит логистическую ситуацию, связанную с доступом в аэропорт.

5. В апреле 2018 года Новосибирск был официально объявлен местом проведения Молодёжного чемпионата мира по хоккею 2023 года. В связи с этим необходимо увеличить площадь терминального комплекса и создать

условия для минимального пассажиропотока в 10 млн. чел/год. Этот фактор тоже увеличит нагрузку на транспортные связи с аэропортом, что требует решения данной проблемы.

6. Подробный анализ (рис.2,3) пробок и заторов на магистрали, а также расписания рейсов аэропорта в течении недели, дает возможность сделать вывод, что время пиковой загруженности дороги совпадает со временем наибольшей концентрации осуществляемых рейсов (с учетом того, что рекомендованное время прибытия в аэропорт - за два часа до вылета).

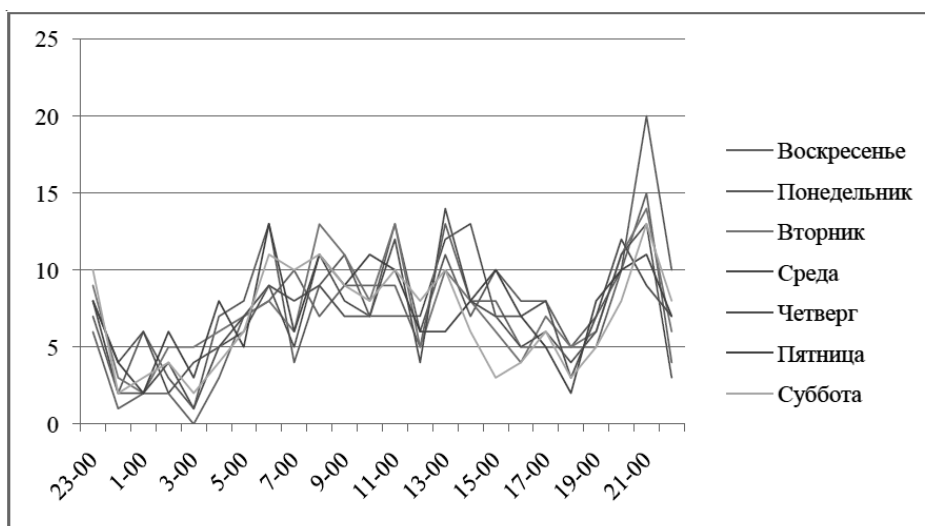


Рис.2. Анализ расписание рейсов аэропорта «Толмачево»

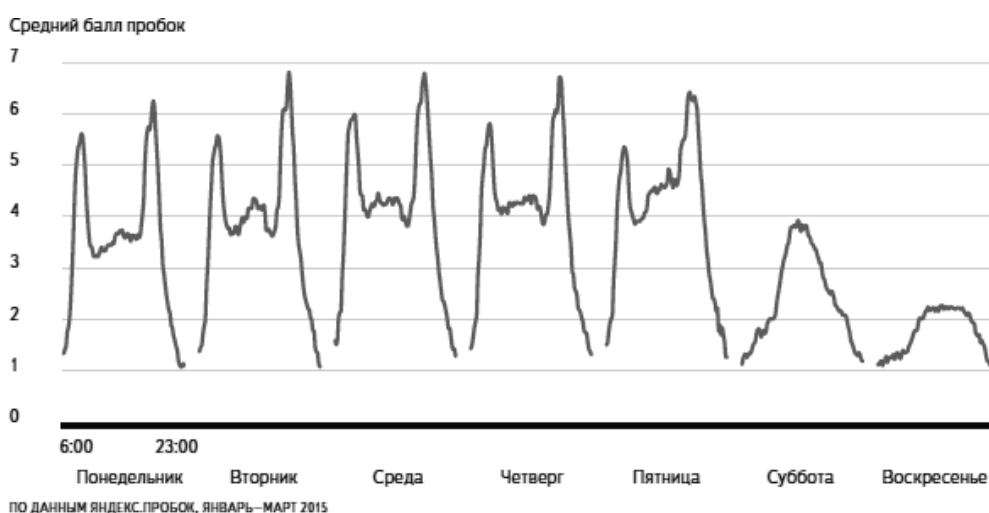


Рис.3. Загруженность дорог Новосибирска в течение недели

Выводы

Решением ряда транспортных проблем в городе Новосибирске может послужить создание ТПУ на базе аэропорта «Толмачёво», который должен включать в себя сам аэровокзал, вокзал скоростного железнодорожного транспорта и автовокзал, то есть создание мультимодального узла. Такое решение позволит разгрузить магистраль, уменьшить масштабы пробок,

улучшить экологическую ситуацию и повлиять на социально-экономическое развитие города Обь. Главным связующим объектом такого ТПУ может стать именно железнодорожный вокзал. С помощью логистической связи аэровокзала с железнодорожным вокзалом возможно улучшение ситуации с пробками. А пассажиропотоки, прибывающие из периферии, смогут совершать пересадку с автобуса на скоростной электропоезд, следующий в центр Новосибирска и наоборот. Расположение автовокзала на выезде из города является наиболее удачным, особенно в сравнении с существующей ситуацией. Действующий автовокзал расположен в центре города, что является крайне неудачным решением, как градостроительным, так и планировочным. В связи с этим пассажирам приходится также тратить большое количество времени, чтобы добраться до автовокзала, так как рядом нет станций метро.

Список литературы

1. Аэропорт – Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аэропорт> (дата обращения: 3.10.2018).
2. Бахирев И. А., Развитие улично-дорожной сети в крупнейших городах. Опыт Японии / И.А. Бахирев// Архитектура и строительство Москвы. – 2009. – №6. С. 12-16.
3. Бахирев И. А., Новизенцев В. В. Закономерности движения на улично-дорожной сети городов // Градостроительство. 2015. № 4(38). С. 69–73.
4. Высокоскоростной железнодорожный транспорт / под ред. И.П. Киселева. Т. 1. М., 2014. 370 с.
5. Автомобильные пробки в Новосибирске // Исследования Яндекса URL: https://yandex.ru/company/researches/2013/city_jams_2013/nsb_jams_2013 (дата обращения: 3.10.2018).

УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА МАССОВО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И УПРУГО-ДИССИПАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ

Л.М. Грошев, С.А. Партко, А.Н. Сиротенко

Донской государственный технический университет

Аннотация. В статье изложены исследования по улучшению динамических свойств зерноуборочного комбайна за счет оптимального выбора массово-геометрических и упруго-диссипативных параметров ходовой системы. Вертикальные колебания корпуса молотилки изучались с использованием одномассовой модели, а крутильные колебания, возникающие в приводе, с использованием модели объемной гидромеханической передачи закрытого типа, которая применяется в современных зерноуборочных комбайнах. Было установлено, что при определенных соотношениях частот их собственных колебаний возможно возникновение синхронизации этих колебаний, что является основной причиной появления основных динамических нагрузок.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, спектральная плотность, динамические нагрузки, собственные частоты колебаний.

IMPROVE THE DYNAMIC PROPERTIES OF A FORAGE HARVESTER THROUGH A RATIONAL CHOICE OF MASS-GEOMETRIC AND ELASTIC-DISSIPATIVE PARAMETERS OF RUNNING SYSTEM

L.M. Groshev, S.A. Partko, A.N. Sirotenko

Don State Technical University

Annotation. The article presents studies to improve the dynamic properties of combine harvester due to the optimal choice of mass-geometric and elastic-dissipative parameters of the running system. Vertical vibrations of the thresher body were, studied using a single-mass model, and torsional vibrations arising in the drive, using a model of volumetric hydro-mechanical transmission of the closed type, which is used in modern combine harvesters. It was found, that at certain ratios of frequencies of their own oscillations, may occur synchronization of these oscillations, which is the main cause of the main dynamic loads.

Keywords: combine harvester, spectral density, dynamic loads, natural oscillation frequencies.

Было установлено, что при движении комбайна на транспортных режимах работы, вертикальные колебания корпуса молотилки и крутильные колебания привода, при определенных соотношениях частот их собственных колебаний приводят к возникновению синхронизации [1]. Поэтому при проектировании ходовой системы зерноуборочного комбайна необходимо производить спектральный анализ для исключения дополнительных динамических нагрузок, уменьшающих работоспособность машины.

Для изучения вертикальных колебаний, возникающих в корпусе молотилки, была использована одномассовая модель [2,3,4], представленная на рис.1.

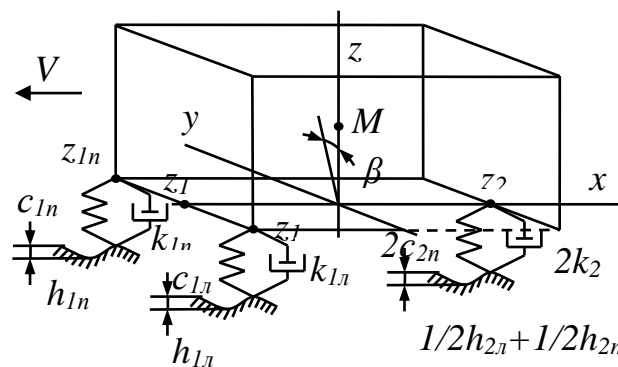


Рис. 1. Модель вертикальных колебаний корпуса молотилки.

Система массой M связана с дорогой (полем) шинами жесткостью c , создающих помимо упругости, затухания колебаний, характеризуемых коэффициентом k . Колебания передней и задней молотилки слабо связаны между собой, дифференциальные уравнения вертикальных колебаний в операторной форме в изображении переменных по Лапласу было представлено так:

$$p^2 + 2hp + \omega_0^2 = Q_1(p), \quad (1)$$

где p – оператор дифференцирования; ω_0 – собственная круговая частота вертикальных колебаний; $Q_1(p)$ – изображение по Лапласу внешних воздействий на систему, представленной на рис.1.

В качестве трансмиссии привода ходовой системы современных зерноуборочных комбайнов используется объемная гидромеханическая передача закрытого типа [5] схема которой, представлена на рис.2.

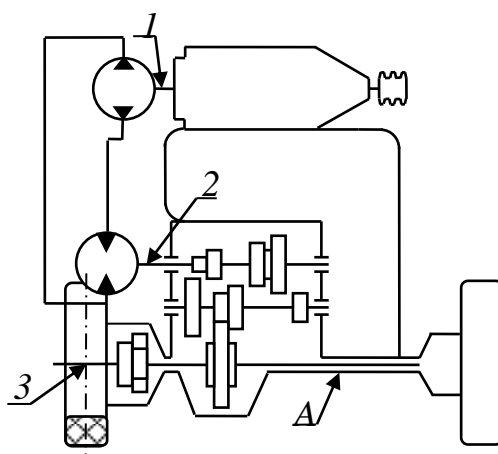


Рис.2 Схема ходовой части:

1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – регулируемый гидронасос;
3 – нерегулируемый гидромотор; 4 – ходовое колесо; 5 – механическая часть привода

Дифференциальное уравнение крутильных колебаний механической части привода также в операторной форме записи имеет вид [6]:

$$T_0^2 p^2 + 2\xi T_0 p + 1 = k_M Q_2(p) \quad (2)$$

где T_0 – постоянная времени привода; ξ – коэффициент затухания крутильных колебаний в приводе; k_M – коэффициент чувствительности к нагрузке; $Q_2(p)$ – изображение по Лапласу внешней нагрузки.

Зная угловую жесткость привода c_φ и момент инерции механической части привода J_{np} можно определить собственную круговую частоту колебаний привода [7]:

$$V_0 = \sqrt{\frac{c}{J_{np}}} \quad (3)$$

Для исследования чувствительности к синхронизации были использованы уравнения (1) и (2) при равной нулю их правой части

$$p^2 + 2hp + \omega_0^2 = 0 \quad (4)$$

$$T_0^2 p^2 + 2\xi T_0 p + 1 = 0 \quad (5)$$

Дискриминанты D уравнений (4) и (5) соответственно равной нулю при:

$$D = \omega_0^2 - h^2 \text{ и } D = 1 - \xi$$

При $h \geq \omega_0$ и $\xi \geq 1$ уравнения (4) и (5) имеют по крайней мере одно решение, что является достаточным условием синхронизации и колебаний [8]. Следовательно, при наличии даже слабых возмущений они совершают колебания с одинаковыми частотами.

На основании тензометрирования в полевых условиях были построены спектральные плотности вертикальных ускорений корпуса молотилки $S(\omega)$ и крутильных колебаний момента на ходовых колесах комбайна $S(v)$.

Выявлено, что основной причиной появления дополнительных динамических нагрузок является совпадения частот собственных колебаний корпуса молотилки и привода ходовой системы. Условием снижения их может быть разнесение по частоте спектральных колебаний ω_0 и ν_0 . На рабочем режиме работы комбайна при включении I передачи коробки передач (здесь $u_0 = 157,8$) общий момент инерции привода J_{np} увеличивается, и частота ν_0 уменьшается (см. график 1 на рис.3).

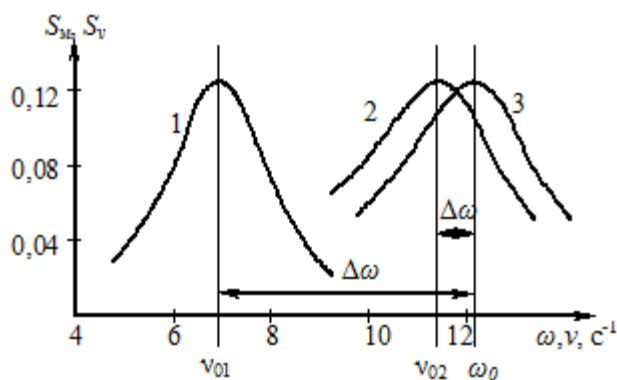


Рис. 3. Нормированные спектральные плотности крутящего момента ходового колеса на рабочем режиме – 1, на транспортном режиме – 2, вертикальные ускорения корпуса молотилки – 3

На транспортном режиме при включении III передачи ($u_0 = 30$) общий момент инерции привода J_{np} уменьшается, частота собственных колебаний привода увеличивается (см. график 2 на рис.3) и спектральная плотность крутящего момента на ходовых колесах приближается к спектральной плотности вертикальных колебаний (см. график 3 на рис.3). Это обуславливает синхронизацию колебаний и появление дополнительных динамических нагрузок.

Одним из технически возможным решение вопроса снижения уровней динамических нагрузок на транспортных режимах работы комбайна является увеличения момента инерции привода на III передаче, например, установка дополнительного маховика или включение в силовую цепь упругой муфты, уменьшающей угловую жесткость привода, что также обеспечивает разнесение частот ω_0 и ν_0 и снижает уровни динамической нагрузок в приводе. После этого возможна проверка частот в специализированных программных продуктах [9].

Список литературы

1. Партко С.А. О чувствительности к синхронизации и захватыванию колебаний привода колес и корпуса мобильных машин АПК / С.А. Партко/ Современные технологии в машиностроении. Сб. статей XV междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2011, С.168-170.
2. Грошев Л.М. Влияние продольно-угловых колебаний молотилки зерноуборочного комбайна на плавность хода жатки / Л.М. Грошев, С.А. Партко, А.Н. Сиротенко // Вестник Донского государственного технического университета. 2017. Т. 17. № 2 (89). С. 131-135.
3. Лурье А.В. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов/ А.В. Лурье «Колос», Л.1970, 450с.
4. Жаров В.П. Динамика двухмассовой колебательной системы зерноуборочного комбайна (жатка-молотилка) / В.П. Жаров, В.А. Фокин // Сб. «Исследование рабочих органов сельскохозяйственных машин» ДГТУ, вып. II, г. Ростов-на-Дону, 1973, 45с.
5. Партко С.А. Разработка методики повышения работоспособности ходовой системы зерноуборочного комбайна за счет улучшения ее динамических свойств: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.02.13 – машины, агрегаты и процессы (по отраслям АПК) / ДГТУ. - Ростов н/Д, 2012
6. Грошев Л.М. Применение методов математического моделирования при исследовании динамики корпусов мобильных сельскохозяйственных машин / Л.М. Грошев, С.А. Партко, А.Н. Сиротенко // Научное обозрение. 2016. № 23. С. 92-95
7. Грошев Л.М. Сравнение параметров разгона мобильной машины с механическим и гидромеханическим приводом / Л.М. Грошев, С.А. Партко, А.Н. Сиротенко, А.Г. Дьяченко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф., В рамках 16-й междунар. агропромышленной выставки «Интерагромаш-2013» ДГТУ. – Ростов н/Д, 2013. С. 74-76.
8. Вибрация в технике: справочник Т.2. Колебания нелинейных механических систем /под ред. Фролова К.В. – М.: Машиностроение, 1979. – 351с.
9. Грошев Л.М. Расчет случайных колебаний корпуса зерноуборочного комбайна класса «Дон» / Л.М. Грошев, С.А. Партко, А.Ю. Луконин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012614015, от 28.03.2012.

ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ МЕЖКОНТАКТНОЙ СРЕДЫ

С.А. Дмитриев, Б.Ф. Тарасенко

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»*

Аннотация. Приведены результаты исследований теплопередачи восстановленных гильз цилиндров автотракторных двигателей постановкой дополнительного элемента, в зависимости от термического сопротивления поверхности многослойной межконтактной среды.

Ключевые слова: *двигатель, гильза, пластина, шероховатость, теплопроводность, контактная среда, давление.*

THERMAL RESISTANCE MULTILAYERED CONTACT MEDIA

S.A. Dmitriev, B.F. Tarasenko

FSBEI of HE "Kuban State Agrarian University behalf of I. T. Trubilin"

Annotation. The results of studies of the heat transfer of the restored cylinder liners of autotractor engines by setting an additional element, depending on the thermal resistance of the surface of a multilayer contact medium, are given.

Keywords: *engine, liner, plate, roughness, thermal conductivity, contact medium, pressure.*

Гильзы цилиндров являются составной частью конструкции двигателя и в процессе эксплуатации подвергаются износу под воздействием множества факторов по образующей ее поверхности [3]. Восстановление ремонтнопригодных гильз постановкой дополнительного элемента, позволяет обеспечить надежность капитально отремонтированных двигателей до их полного ресурса, но при этом необходимо учитывать свойства теплопроводности материалов [2; 6; 7; 10].

Температурное воздействие гильз определяется температурой газовой среды и рабочего тела, а также условиями работы, в частности трением между сопряженными деталями гильзы цилиндров. Температура рабочей среды отличается от температуры стенки цилиндров, вследствие чего между ними имеет место теплопередача. При установившемся тепловом режиме двигателя можно с некоторыми допущениями считать, что весь тепловой поток Q , подводимый к внутренней поверхности детали, имеющей температуру T_1 проходит через стенку составной конструкции и уходит в окружающую среду через наружную поверхность, имеющую температуру T_2 .

Согласно закону Фурье, тепловой поток Q при установившемся тепловом режиме прямо пропорционален площади поверхности стенки, разности температур на обеих ее поверхностях и обратно пропорционален толщине стенки:

$$Q = \frac{\lambda F(T_1 - T_2)}{\delta}, \quad (1)$$

где Q - тепловой поток, Вт/м²;

F - площадь стенки, m^2 ;

δ - толщина стенки, m ;

λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, $Вт/(м \cdot К)$;

$T_1 - T_2$ - разность температур поверхности стенок (температурный напор), $^{\circ}C$.

Для расчета теплопередачи применяют формулу поверхностной плотности теплового потока q , которая получается, если обе части уравнения Фурье разделить на площадь поверхности стенки S .

Отношение толщины стенки к коэффициенту теплопроводности материала называется термическим сопротивлением стенки R , и с учетом этого формула примет вид:

$$q = \frac{(T_1 - T_2)}{R}, \quad (2)$$

Замена рабочей поверхности гильзы постановкой дополнительного элемента, может повлиять на теплопроводность двигателя и внести изменения в состояние детали и в те процессы, которые осуществляются в ней [1; 4; 11]. Температура рабочей поверхности гильзы цилиндров зависит от ее теплового баланса, который определяется суммой тепла от сил трения и вносимого газовой средой. Температура детали будет тем выше, чем меньше отводится теплоты в окружающую среду. Количество отводимой теплоты зависит от термического сопротивления стенки детали. Для пластинированного цилиндра термическое сопротивление в общем виде, является функцией различных факторов [9]:

$$R = f(p, F_k, r, n_c, \mu, \psi), \quad (3)$$

где p - давление пластины на поверхность гильзы, $МПа$;

F_k - фактическая площадь контакта пластины и поверхности гильзы с учетом шероховатости ее поверхности, m^2 ;

r - термическое сопротивление материала, разделяющего поверхности пластины и цилиндра в зоне контакта $К/ Вт$;

n_c - число стенок, находящихся на пути движения теплового потока;

μ – фактор учитывающий режим течения газовой среды;

ψ – коэффициент теплового расширения, $К^{-1}$.

Исследования контактирующих поверхностей пластины и гильзы после работы показали, что соприкосновение поверхностей наблюдается в отдельных их точках, где присутствует межконтактная среда. Температуры пластины и гильзы не равны, линия теплового потока в зоне контакта отклоняется от прямой [8].

Это обусловлено шероховатостью и волнистостью соприкасающихся поверхностей, в результате чего теплообмен происходит в местах фактического соприкосновения пластины с цилиндром по вершинам неровностей и через межконтактную среду, представляющую собой пленку окислов и загрязнений.

Теплопроводность материала пластины и гильзы, как правило, выше теплопроводности межконтактной среды, поэтому основная часть теплового потока устремляется к пятнам фактического контакта пластины с гильзой. В

пластинированных гильзах цилиндров дизелей наблюдается два механизма теплопередачи [5].

1. В местах плотного контакта пластины и гильзы тепловой поток проходит через двухслойную среду. Экспериментальные исследования показали, что площадь соприкосновения пластины и гильзы составляет 70–80 % от всей контактируемой внутренней поверхности, вследствие шероховатости поверхностей ($R_a = 0,16 \dots 0,32$ мкм). При плотном контакте пластины и стенки гильзы цилиндров такую двухслойную среду условно можно считать однородной стенкой. Количество теплоты Q , передаваемой в единицу времени через однородную цилиндрическую стенку, определяется по формуле:

$$Q = \frac{2\pi l (T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}, \quad (4)$$

где d_1, d_2 - внутренний и внешний диаметры гильзы, м.

2. В местах неплотного контакта пластины и гильзы тепловой поток проходит через трехслойную среду: материал пластины (сталь 65Г), межконтактную среду (воздух, масло, окислы, загрязнения) и материал гильзы цилиндров (СЧ 24). Для рассмотрения процесса передачи теплоты через трехслойную среду, необходимо знать толщину и теплопроводность каждого слоя, термическое сопротивление контакта и температуру рабочего тела. Из-за нагрева внутренней части цилиндра, возникает перепад температур между внутренней и наружной поверхностями. Элементарное количество теплоты dQ перенесенной за счет теплопроводности через многослойную стенку, выражается согласно закону Фурье, уравнением:

$$Q_{т.п.} = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{\lambda_i}{h_i} F (T_1 - T_2) \tau_{ц}, \quad (5)$$

где $\tau_{ц}$ - продолжительность цикла, с.

Передача теплоты от рабочей среды к зеркалу цилиндра происходит вследствие конвективного процесса сопровождающегося турбулентным движением частиц газовой среды. Перенос теплоты конвекцией происходит намного интенсивнее, чем теплопроводностью, поскольку порции энергии, переносимые макрообъемами, несоизмеримо больше порций энергии, которые могут быть перенесены отдельными молекулами. В то же время, движение макрообъемов всегда сопровождается движением отдельных молекул, т.е. перенос тепла конвекцией всегда включает и теплопроводность.

Переход от ламинарного режима в турбулентный режим течения газовой среды характеризуется критическим значением безразмерного комплекса – критерия Рейнольдса:

$$Re = \left(\frac{\omega l \rho}{\mu}\right), \quad (6)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³;

В общем случае решение задачи конвективного теплообмена является наиболее объективным и полным методом анализа теплового состояния составной конструкции гильзы и сводится к совместному определению температурного и скоростного полей движущегося газа в пограничном слое стенки. Для этого составляется система дифференциальных уравнений, описывающих конвективный перенос, которая включает уравнение энергии (получаемое на основе I закона термодинамики), уравнение движения (закон сохранения механической энергии), уравнение сплошности потока (закон сохранения массы для сплошной среды), уравнение состояния среды и ее теплофизические свойства. Эта система уравнений дополняется условиями однозначности.

Для повышения общности решения систему уравнений приводим к безразмерному виду, используя метод масштабных преобразований. Для этого вводим характерные, определяющие процесс и масштабы, например, геометрический размер поверхности гильзы L , безразмерную температуру

среды $Q = \frac{(t - t_c)}{(t_w - t_c)}$, безразмерную координату $Y = \frac{y}{L}$ и т.д. Дифференциальное

уравнение теплоотдачи в безразмерном виде запишется: $\frac{\alpha L}{\lambda} = \frac{dQ}{dy}$. Полученный

безразмерный комплекс $\frac{\alpha L}{\lambda}$ - называется числом Нуссельта Nu и представляет собой безразмерный коэффициент теплоотдачи. Такие безразмерные комплексы, составленные только из заданных параметров математического описания задачи, являются критериями подобия.

В результате применения метода масштабных преобразований к системе уравнений конвективной теплоотдачи, получают определяющие критерии

подобия: $Re = \frac{v l}{\alpha}$ - критерий Пекле, $Pr = \frac{v}{\alpha}$ - критерий Прандтля, $Eu = \frac{\Delta p}{\rho W^2}$ -

критерий Эйлера. Преобразование системы дифференциальных уравнений к безразмерному виду позволяет сократить число определяющих переменных и получаемое решение задачи в безразмерном виде является справедливым не для единичного случая, а для всей группы подобных явлений. Зависимость искомой безразмерной переменной от определяющих критериев называется критериальным уравнением. Тогда критериальное уравнение теплоотдачи имеет вид:

$$Nu = f(X, Y, Z, Re, Gr, Pr, \dots). \quad (7)$$

Конкретную количественную форму этой функции можно получить, проведя ряд экспериментов на физической модели или выполнить ряд численных математических решений.

Для правильного выполнения эксперимента и обобщения результатов, используют методы теории подобия, основные положения которых формулируются в виде трех теорем.

Рассмотренный переход позволяет переносить полученные на модели результаты, на подобные натурные явления. Критериальные уравнения обычно представляют в виде степенной функции:

$$Nu = c Re^m Pr^n \dots, \quad (8)$$

где c, m, n – численные постоянные, определяемые на основе экспериментальных или численных исследований по теплоотдаче.

Выводы: При восстановлении выбракованных гильз цилиндров автотракторных двигателей постановкой дополнительного элемента, необходимо учитывать механизм теплопередачи рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, через многослойную межконтактную среду.

Список литературы

1. Савин И.Г. Технология ремонта машин: учеб. пособие / И.Г. Савин, М.И. Чеботарёв, Ю.Д. Янчин, С.А. Дмитриев, И.В. Масиенко. – Краснодар: КубГАУ, 2013.
2. Савин И.Г. Организация инженерно-технической инфраструктуры регионального АПК : учеб. пособие / И.Г. Савин, М.И. Чеботарёв, А.В. Андреев, И.В. Масиенко, С.А. Дмитриев.– Краснодар: КубГАУ, 2017.
3. Чеботарёв М.И. Обоснование ресурсного обеспечения предприятий технического сервиса АПК: учеб. пособие / М.И. Чеботарёв, С.А. Дмитриев, М.Р. Кадыров.– Краснодар : КубГАУ, 2017.
4. Дмитриев С.А. Экологическое воздействие движителей машин на почву и окружающую среду / С.А. Дмитриев, Б.Ф. Тарасенко // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – Краснодар, 2018. № 3 (35). С. 129-134.
5. Дмитриев С.А., Олейник С.О. Теплообмен при контактировании плоскостно-шероховатых поверхностей // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий. – Белгород: Изд. ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2016. С. 29-30.
6. Олейник С.О., Дмитриев С.А. Восстановление технологических отверстий в корпусных деталях // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий. – Белгород: Изд. ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2016. С. 65-66.
7. Дмитриев С.А. Термомеханическое упрочнение наплавленного металла газопорошковой наплавкой // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сб. ст. по материалам 71-й науч.- практ. конф. преподавателей. – Краснодар : КубГАУ, 2016. С. 201-203.
8. Гаврилов А.В., Дмитриев С.А., Чеботарёв М.И. Исследование отказов технических систем предприятий агропромышленного комплекса // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. ст. по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых. – Краснодар : КубГАУ, 2017. С. 496-497.
9. Дмитриев С.А. Обоснование величины контактного давления при контактировании плоскостно-шероховатых поверхностей // Научное

обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. ст. по материалам 72-й науч.-практ. конф. преподавателей. – Краснодар : КубГАУ, 2017. С. 287-288.

10. Сторожук А.В., Дмитриев С.А. Организация ремонтно-обслуживающего производства на предприятиях технического сервиса АПК //Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сб. ст. по материалам 73-й науч.- практ. конф. преподавателей. – Краснодар : КубГАУ, 2018. С. 313-314.

11. Савин И.Г. Новые технологии ремонта / И.Г. Савин, С.А. Дмитриев // АгроСнабФорум. – Краснодар, 2012. № 3. С. 44-46.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ КПП АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ В МЕЖСМЕННЫЙ ПЕРИОД

А.А. Долгушин, Д.В. Баранов

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный
университет»*

Аннотация. Эксплуатация серийных автомобилей в условиях отрицательных температур связана с нарушением теплового режима большинства агрегатов и узлов. Тепловой режим оказывает прямое воздействие на эффективность работы агрегатов и систем. Приведены результаты исследования процесса охлаждения коробки перемены передач автомобиля КАМАЗ после его остановки в условиях естественной конвекции в межсменный период. Для измерения температур исследуемых сред использовался измерительный комплекс: датчики температуры, устройство контроля температуры преобразователи интерфейсов для автоматической регистрации температуры с использованием персонального компьютера. Охлаждение масла в КПП до температуры окружающей среды 243 К (минус 30°С) происходит в течение 260 мин, что составляет 54% межсменного периода. Средняя скорость охлаждения КПП в межсменный период составляет 0,22 К/мин.

Ключевые слова: *коробка передач, охлаждение, зимние условия, скорость охлаждения.*

INVESTIGATION OF THE COOLING TEMP OF A CAT OF A CAR KAMAZ IN THE INTERSHANE PERIOD

A.A. Dolgushin, D.V. Baranov

Novosibirsk State Agrarian university

Abstract. Operation of production cars in conditions of negative temperatures is associated with the violation of the thermal regime of most units and assemblies. Thermal regime has a direct impact on the efficiency of the units and systems. The results of the study of the process of cooling the gearshift box of a KAMAZ vehicle after its stopping under conditions of natural convection during the inter-shift period are presented. To measure the temperatures of the studied media, a measuring complex was used: temperature sensors, temperature control devices, interface converters for automatic temperature recording using a personal computer. The cooling of the oil in the gearbox to an ambient temperature of 243 K (minus 30 ° C) occurs within 260 minutes, which is 54% of the inter-shift period. The average cooling rate of the gearbox during the inter-shift period is 0.22 K / min.

Keywords: *thermal regime study, gearbox, winter conditions, cooling rate.*

Одним из основных агрегатов, определяющих эффективность использования автомобилей, является коробка перемены передач (КПП). При эксплуатации грузовых автомобилей в условиях низких температур нарушается тепловой режим работы КПП. По данным [1] при температуре внешней среды минус 30°C температура стабилизации трансмиссионного масла находится в пределах 20-35°C. При понижении температуры смазочного масла в картере КПП до минус 30°C вязкость минеральных смазочных масел увеличивается в 55..60 раз и может достигать значений 80000 МПа с и более [2]. Большие значения вязкости способствуют росту внутренних потерь в агрегатах трансмиссии и снижению общего коэффициента полезного действия трансмиссии машины. Кроме того, в холодной КПП нарушаются режимы смазывания трущихся поверхностей, что вызывает их повышенный износ. В работе [3] показано, что наибольшее влияние на величину интенсивности изнашивания оказывает температура масла. При понижении температуры масла с 80°C до 0°C интенсивность изнашивания шестерен коробки передач увеличивается в 10,2 раза.

В процессе хранения автомобилей в зимний период на открытых площадках происходит интенсивная теплоотдача от агрегатов в окружающую среду. Зачастую тепловое равновесие агрегатов трансмиссии с окружающей средой наступает раньше, чем начинается смена. Все это приводит к необходимости выполнения тепловой подготовки автомобилей, как перед пуском, так и в процессе послепускового прогрева.

В связи с тем, что основным грузовым автомобилем используемым для перевозки сельскохозяйственных грузов является автомобиль КАМАЗ (13,6% [4]), в настоящей работе был исследован процесс охлаждения механической коробки перемены передач автомобиля КАМАЗ при хранении в условиях отрицательных температур в межсезонный период.

Цель работы: Исследовать интенсивность охлаждения КПП при хранении автомобиля на открытых площадках в зимний период.

Задачи работы:

- 1) Исследовать продолжительность охлаждения КПП до температуры окружающей среды.
- 2) Определить интенсивность охлаждения КПП в межсезонный период.

Методика эксперимента.

Согласно утвержденной программе проведения эксперимента по исследованию темпа охлаждения КПП, регистрировалась температура масла в картере КПП в процессе охлаждения после остановки автомобиля в условиях естественной конвекции. Для проведения исследований была разработана экспериментальная установка на базе автомобиля КАМАЗ 65111. Температура окружающей среды при этом составляла 243К (минус 30°C).

В ходе исследования измеряли температуру масла в КПП. Датчики температуры устанавливали в картере коробки передач и в верхнем правом углу кабины для регистрации температуры окружающей среды. Для измерения температуры применяли следующее оборудование: термопреобразователи (датчики температуры) 50М-В3 с диапазоном измерений 223...423К (минус

50...150°C), устройство контроля температуры УКТ 38Щ4-ТС для преобразования сигнала датчика, преобразователи интерфейсов АС2-М и АС4 для дополнительной обработки информации поступающей с УКТ 38Щ4-ТС, и автоматической регистрации температуры с использованием персонального компьютера (ПК), программное обеспечение, для осуществления связи ПК с прибором контроля и регистрации температуры. Питание оборудования и ПК осуществлялось инвертором, подключенным к бортовой сети автомобиля. Блок-схема измерительного комплекса представлена на рис. 1.

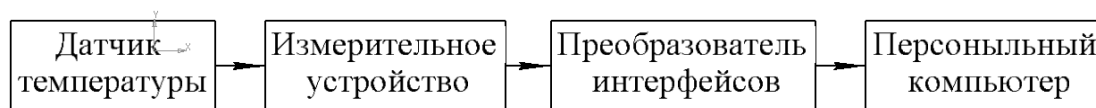


Рис.1 Измерительный комплекс

Результаты эксперимента

На основании данных, которые представлены на (рис. 2) можно сделать вывод, что охлаждение КПП автомобиля КАМАЗ в условиях конвекции и температуре окружающего воздуха 243К (минус 30°C) составляет примерно 260 минут, что составляет 54% от продолжительности межсменного периода. Межсменный период составляет в среднем 8 часов (автомобиль работает в 2 смены, по 8 часов с условием ТК РФ).

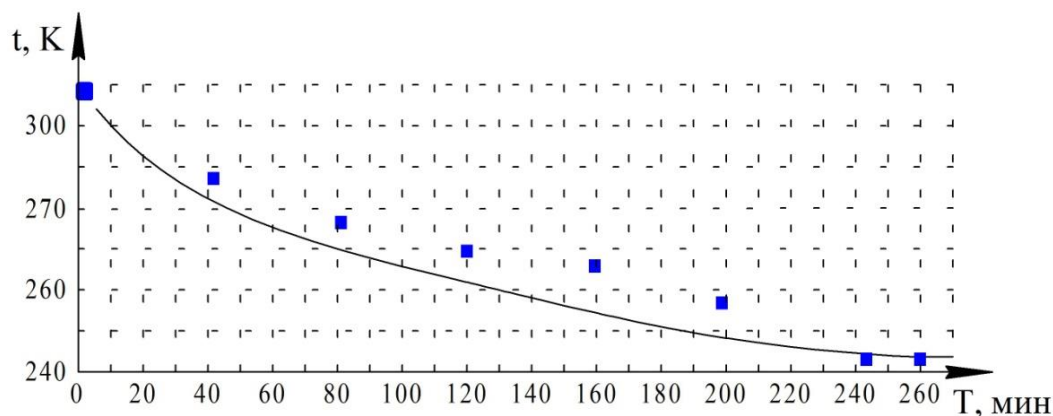


Рис. 2. Динамика температуры масла в КПП

Динамика изменения скорости охлаждения КПП в условиях естественной конвекции представлена на рис.3.

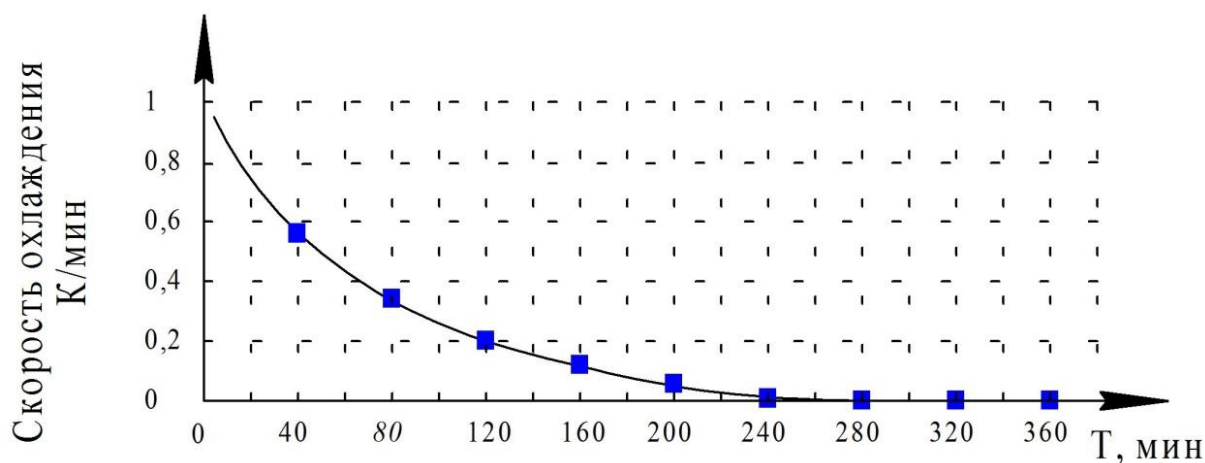


Рис. 3. Скорость охлаждения картерного масла

Анализ данных графика показывает, скорость охлаждения КПП в условиях естественной конвекции изменяется поэкспоненциальной зависимости и уменьшается по мере охлаждения агрегата. На начальном этапе скорость охлаждения составляет 1 К/мин и уже через 3 часа охлаждения снижается до величины менее 0,1 К/мин. Средняя скорость охлаждения на всем участке составляет 0,22 К/мин (13,2 К/ч).

Выводы.

1. Охлаждение масла в КПП в процессе хранения автомобиля происходит с разной интенсивностью. Время полного охлаждения КПП при температуре окружающей среды 243 К (минус 30°С) составляет 260 минут.

2. В процессе охлаждения скорость изменения температуры масла изменяется в широких пределах и на начальном этапе составляет 1 к/мин. Средняя скорость охлаждения КПП составляет 0,22 К/мин.

Список литературы

1. Долгушин А.А. Изменение теплового режима коробки перемены передач грузовых автомобилей / А.А. Долгушин, А.Ф. Курносков, С.П. Шведов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 11. С.14-15.
2. Долгушин А.А. Выбор трансмиссионных масел для зимней эксплуатации автомобилей / А.А. Долгушин, С.П. Шведов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 2. С.10.
3. Яговкин А.И. Исследование температурных режимов и интенсивности изнашивания агрегатов трансмиссии автомобилей в зимних условиях: автореф. дис. канд. техн. наук / А.И. Яговкин. – Москва, 1973. 23 с.
4. Долгушин А.А. Анализ структуры парка грузовых автомобилей в России: сборник научных трудов / А.А. Долгушин // Научно-техническое обеспечение процессов и производств АПК Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященная 70-летию образования Инженерного института. – Новосибирск: НГАУ, 2014. С.35-39.

ПРОБЛЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РФ

С.В. Дорохин, Н.А. Азарова, В.А. Рудь

*Воронежский государственный лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова*

Аннотация. Транспортная система является основой социально-экономического развития крупных городов, и представляет собой сложную систему взаимодействия, обеспечивающую комфортность и удобство для жителей и гостей города в соответствии с современными стандартами. Оптимальные технологические, экономические, социальные и управленческие решения, лежащие в основе организации транспортно-парковочного пространства крупных городов, базируются на решениях, принимаемых направлении формирования рациональных парковочных пространств, базирующихся на удовлетворенности потребителей конечным результатом деятельности. При этом правильные устойчивые решения в области транспортной системы формируют стабильно и устойчиво развивающуюся городскую среду крупных городов.

Ключевые слова: *парковочное пространство, типы парковки, платные парковки, удовлетворённость потребителей, тарифы на парковку.*

THE PROBLEM OF THE ORGANIZATION OF PARKING SPACES IN THE LARGE CITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION

S.V. Dorohin, N.A. Azarova, V.A. Rud'

Voronezh state university of forestry and technologies named after G.F. Morozov

Summary. The transport system is the basis of the socio-economic development of large cities, and is a complex system of interaction, providing comfort and convenience for residents and guests of the city in accordance with modern standards. The optimal technological, economic, social and managerial decisions underlying the organization of transport and parking spaces in large cities are based on decisions made in the direction of forming rational parking spaces based on consumer satisfaction with the end result of activities. At the same time, the right sustainable solutions in the field of the transport system form a stable and sustainable urban environment of large cities.

Keywords: *parking space, parking types, paid parking, customer satisfaction, parking rates.*

В последнее время все более актуальной становится проблема организации парковочных пространств в Российской Федерации. В городах России обеспеченность местами для хранения автомобилей по месту проживания не превышает 40%, а обеспеченность местами для парковки у объектов тяготения в среднем составляет лишь 25%. Данное несоответствие вызывает множество проблем: как у владельцев автомобилей, так и у государственных и муниципальных органов власти. Например, следствием этого является бесконтрольная парковка транспортных средств на проезжей части, что снижает ее пропускную способность в два раза. Это явление может быть причиной дорожных заторов и дорожно-транспортных происшествий. Все это не только негативно влияет на экономику страны, но и угрожает жизни и здоровью людей. Поэтому крайне важно найти оптимальное решение проблемы организации парковочных мест, основываясь на базовых принципах и

основных направлениях политики в области организации дорожного движения и сбалансированного развития транспортных систем[1]. Отметим, что главной целью системы единого городского парковочного пространства является обеспечение беспрепятственного движения по улицам города при помощи экономического рычага, создание цивилизованных мест для парковки транспортных средств и одного из стимулов для перехода жителей с личного автомобиля на общественный транспорт. Российские крупные города в настоящее время нуждаются в едином комплексном подходе к вопросу размещения автотранспортных средств на городских территориях, который позволит снизить время нахождения автотранспорта в проблемных транспортных зонах, повысить оборачиваемость мест размещения автотранспортных средств, снизить максимальную нагрузку на автомобильные дороги, проходящие по их территории. В настоящее время большинство городов-миллионников «переросли» ранее эффективно работающие принципы организации парковочного пространства на улицах. Разгрузка транспортных артерий возможна лишь при грамотной и четко работающей системе парковки транспортных средств[2].

За рубежом эту проблему пытаются решить по-разному. Например, в Нидерландах наблюдается значительный рост подземных парковок, активно развивается сеть экопарковок. К тому же правительство приняло решение о строительстве целого города-паркинга, который планируется расположить под Амстердамом. В Великобритании к решению данной проблемы подошли более радикально: парковочные места в центре Лондона имеют достаточно высокую цену, что заставляет граждан пользоваться менее габаритными и затратными велосипедами. Для Японии проблема городских парковочных пространств является наиболее актуальной, ведь количество автомобилей значительно превышает площадь территории, которое государство может выделить для парковки [3]. Поэтому большинство парковок размещаются под землей и обслуживаются роботами. К тому же, даже парковка велосипеда в неподходящем месте грозит серьезными штрафами. Во многих странах Европы активно используются сети «перехватывающих» парковок. Их суть заключается в том, что при въезде в город владельцы автомобилей оставляют свое транспортное средство на парковках. Таким образом, граждане добираются до города на своем автомобиле, а передвигаются по городу уже на общественном транспорте. Так же интенсивно набирают популярность смарт-паркинги, которые осуществляют свою деятельность по принципу колеса обозрения: автомобили въезжают на стоянку, а затем их поднимают вверх в секциях друг над другом. Таким образом, можно разместить около 12 автомобилей. Наиболее действенный путь решения проблемы парковочных мест найден в Дании: по форме сооружения стоянка напоминает трибуны стадиона, где вместо скамеек расположены ступенчатые террасы, под которыми расположена парковка. Инженеры Германии нашли следующий выход: автомобили располагаются на балконах квартир граждан, куда доставляются с помощью лифта.

Недостача парковочных мест в Российской Федерации провоцирует бурное недовольство населения, что заставляет органы власти перейти к

реализации мероприятий по решению назревшей проблемы. В крупных городах обладание парковочным местом воспринимается большим успехом, чем владение личной машиной[4]. В разных странах этапы этого процесса проходили в разное время, но в целом путь был один — увеличение количества машиномест, которые стоят денег. Первая и главная тенденция на сегодня — повышение эффективности парковочного пространства. Второе сопутствующее направление — платность парковок и рост тарифов за хранение автомобиля. В наши дни технологии позволяют многократно повысить эффективность использования пространства стоянки. В сравнении с привычными наземными парковками — во много раз. Но, в отличие от возведения одноуровневой наземной стоянки, стоимость внедрения таких продвинутых парковочных комплексов несравнимо выше. Мировых производителей парковочных систем сегодня хватает. Наряду с известными брендами вроде SkylineParking, MPSystem, ParkingSet, Wohr на рынке существуют менее крупные игроки с не столь известными именами или вовсе безымянные. Все парковки можно условно поделить на два типа: с механизацией (то есть те, где машина перемещается при помощи сконструированного парковочного механизма) и без таковой (место на улице, подземный паркинг или многоуровневая стоянка, куда автомобиль въезжает самостоятельно и не перемещается парковочным механизмом). Еще одно важное разделение — муниципальные парковочные места и частные офисные или личные стоянки. Все их можно, в свою очередь, разделить на наземные плоскостные, наземные многоуровневые капитальные из железобетона, подземные плоскостные или многоуровневые, наземные металлические многоуровневые, механизированные (автоматизированные) парковочные комплексы, которые могут быть как наземными, так и подземными, либо совмещенными. Причем у каждого вида возможно несколько способов организации: наземные парковки на газонорешетке, механизированные стоянки с лифтом, манипуляторами и массой других деталей.

В настоящее время в Российской Федерации высокая стоимость парковочного места провоцирует водителей нарушать правила парковки. На сегодняшний день тарифы на парковку в Москве составляет около 100 рублей в час, в Воронеже – 40 рублей в час. Следует отметить, что платные парковочные пространства позволяют регулировать размещение транспортных средств и приносят значительные доходы региональным бюджетам крупных городов, однако вызывают социальное недовольство населения и отсутствие удовлетворенности потребителей.

Предлагаем с помощью математического моделирования разработать схему оптимизации парковочного пространства крупных городов[5]. Данная модель направлена на оптимизацию парковочного пространства крупных городов путем оптимизации затрат времени населения на поездки в рассматриваемом районе.

Построение модели основано на следующих принципах:

- принцип оптимальности;
- принцип достаточности и инвариантности используемой информации;

- принцип эффективной реализуемости построенной модели.

Структура модели может быть представлена в виде:

$$\begin{cases} X \rightarrow exrt \\ Y_1^{\min} \leq Y_1 \leq Y_1^{\max}, \dots \\ Y_n^{\min} \leq Y_n \leq Y_n^{\max}. \end{cases}$$

Здесь X – наиболее важный критерий, определенный на основе экспертных оценок;

Y_i – множество ограничений, достаточных для полноценного описания роли исследуемого объекта;

n – число ограничений, $1 \leq i \leq n$.

Модель является оптимизационной, в качестве критерия X предлагается минимизация затрат времени пассажиров на поездки. Данный критерий выбран в соответствии с целями исследования по созданию комфортной городской среды и способствует росту удовлетворенности населения транспортной инфраструктурой путем оптимизации парковочного пространства крупных городов.

Ограничениями Y_i в данной модели являются:

- уровень транспортного спроса в зоне парковок;
- уровень вместимости парковки, ее фактической загрузки;
- затраты на движение по данному маршруту;
- затраты на поиск места парковки;
- затраты на парковку;
- объем пассажиропотока в маршрутах общественного транспорта в зоне парковок.

Исследуемыми факторами, влияющими на рационализацию функционирования системы, являются:

- количество парковочных мест;
- расстояние, проходимое в среднем каждым автомобилем в заданном районе до пункта назначения;
- удельное время поездки в зависимости от уровня транспортной нагрузки;
- плотность автомобилей, находящихся в движении в данном районе, на единицу площади;
- плотность автомобилей, движущихся в поисках парковки в данном районе, на единицу площади;
- максимальная плотность транспортного потока;
- плотность автобусных маршрутов в зоне парковок;
- плотность пересадочных узлов;
- затраты на поездку.

Кроме этого, перспективными направлениями организации парковочного пространства в крупных городах РФ будет учет новых тенденций в системах организации парковочного пространства. Предполагаем, что это будет сокращение времени поиска парковки за счет совершенствования источников и способов предоставления информации, bigdata и социальной

активности водителей, использование открытых платформ и единой среды (интеграция государственных и частных парковочных пространств, общие каналы оплаты, доступность инфраструктуры для сторонних мобильных приложений и сервисов.

Разработка системного и подхода к проблеме парковок в крупных городах возможна с участием частных инвестиций. Поэтому важно изучать существующий опыт вложения средств в проекты построения городского парковочного пространства, проблемы и возможные пути их решения. Организация платных парковок не решит всех транспортных проблем и уж точно не станет источником быстрого возврата инвестиций (срок окупаемости – 3-5 лет). Однако применение этого инструмента в комплексе с другими мерами по организации движения транспорта в городах способствует увеличению интенсивности движения и снижению уровня аварийности.

Проблема организации парковочного пространства – одна из важнейших для регионов РФ на сегодняшний день. Государство нашей страны стимулирует региональные власти к принятию мер по ее решению, однако Россия все еще значительно отстает от ведущих европейских стран в этой сфере.

Список литературы

1. Захаров, Д.А., Карманов, Д.С. Некоторые особенности при организации парковочного пространства/ Д.А Захаров, Д.С.Карманов//Сборник: «Проблемы функционирования систем транспорта» Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных: в 2-х т.,- Тюмень: ТИУ,2016. С. 228-232.

2. Морозов, В.В., Ярков, С.А. Проблема транспортных заторов и существующие методы решения/ В.В.Морозов, С.А Ярков//Сборник«Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (с международным участием)», 5-7 ноября 2014 г. Т.2 -Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. С. 83-89.

3. Чернышев, С. А., Петров, А. В.К вопросу об оптимизации систем автопарковки в условиях современного города/ С. А Чернышев, А. В. Петров//Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2008. № 4. С. 18-22.

4. Белокуров, В.П., Дорохин, С.В., Климова, Г.Н., Скрыпников, А.В. Транспортная психология/ В.П.Белокуров, С.В.Дорохин, Г.Н.Климова, А.В.Скрыпников// Воронеж, 2016. с. 329.

5. JinCaoo, Monica Menendez, A Parking-State-Based Transition Matrix of Traffic on Urban Networks, Transportation Research № 7, 2015, pp. 149-169.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕШЕХОДОВ В НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ БЛИЗОСТИ ОТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

С.В. Дорохин, А.Ю. Артемов, В.А. Зеликов, Д.В. Лихачев

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова*

Аннотация. На безопасность пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах оказывает влияние множество факторов, основным из которых является комплексное обустройство пешеходного перехода. В данной статье рассматриваются вопросы обустройства нерегулируемых пешеходных переходов, учитывающие требования типовой схемы организации дорожного движения.

Ключевые слова: *пешеход, нерегулируемый пешеходный переход, безопасность движения, организация движения, типовая схема.*

PROBLEMS OF ENSURING SAFETY OF PEDESTRIANS IN IMMEDIATE NEARBY FROM EDUCATIONAL INSTITUTIONS

S.V. Dorohin, A.Y. Artemov, V.A. Zelikov, D.V. Lihachev

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education
Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov*

Abstract. The safety of pedestrians at unregulated pedestrian crossings is influenced by many factors, the main of which is the complex arrangement of the pedestrian crossing. This article deals with the development of non-regulated pedestrian crossings, taking into account the requirements of the model scheme traffic organizations.

Keywords: *pedestrian, unregulated pedestrian crossing, traffic safety, traffic management, typical scheme.*

На территории Российской Федерации в 2017 году было зарегистрировано 169432 ДТП. Этот показатель всего лишь на 2,5% меньше, чем показатели 2016 года. Однако количество погибших и пострадавших сократилось на 6 и 2,6 %, что составило 19088 и 215374 человек соответственно.

Несмотря на ежегодный рост количества транспортных средств, основные показатели аварийности уменьшаются с 2012 года на территории Российской Федерации.

В соответствии со статистикой Главного Управления ГИБДД РФ за период с 2015 по 2017 года около 35% от общего количества зарегистрированных ДТП происходит на пешеходных переходах. Так в 2017 году на территории Российской Федерации зафиксировано 19591 ДТП на пешеходных переходах, в которых 1075 человек погибло и 19569 получили ранения различной степени тяжести.

Одним из основных видов ДТП на территории РФ является наезд на пешехода на пешеходном переходе, аналогичная ситуация отслеживается и на территории Воронежской области.

За последние три года 2015–2017 гг. на территории Воронежской области зарегистрировано 3063 наезда на пешехода, в которых 436 человек погибли и 2472 получили ранения различной степени тяжести (табл.1, рис. 1).

Таблица 1

Статистика наездов на пешеходов на территории Воронежской области за период 2015-2017гг.

Год	Количество ДТП	Погибло, чел	Ранено, чел.
2015	987	152	885
2016	895	136	808
2017	896	148	779

Статистика аварийности и количество пострадавших на пешеходных переходах в Воронежской области остается на очень высоком уровне.

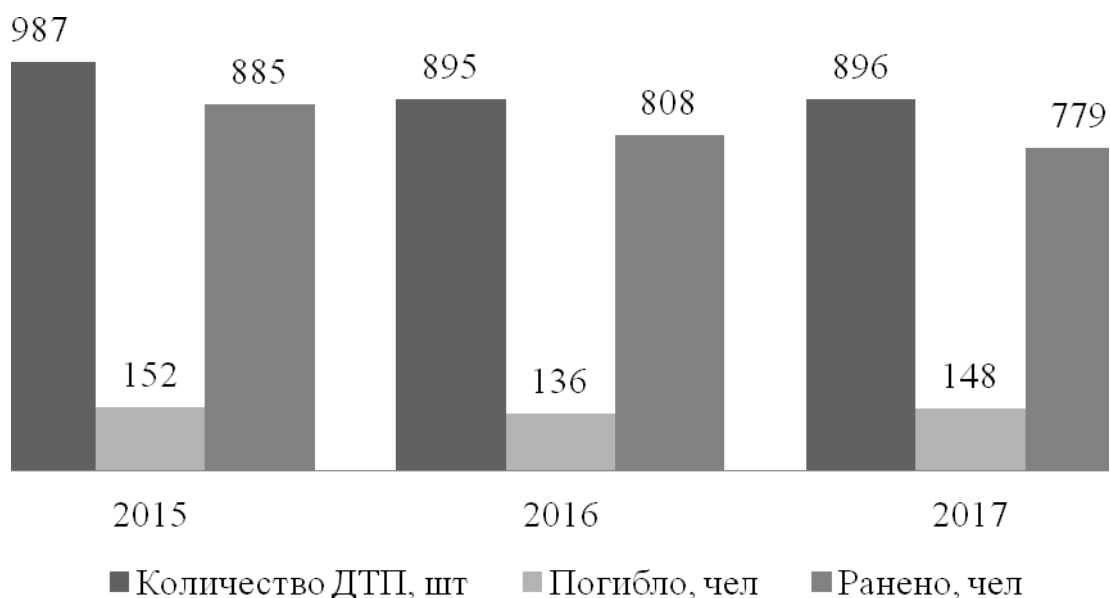


Рис. 1. Статистика наездов на пешеходов на территории Воронежской области за период 2015-2017гг.

Практически каждое второе ДТП из числа зарегистрированных наездов на пешеходов происходит на нерегулируемых пешеходных переходах, что составляет 69,36% (1927 ДТП) от общего количества наездов на пешеходов (таблица 2, рис. 2) [1].

Таблица 2

Статистика аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах на территории Воронежской области за период 2015-2017гг.

Год	Количество ДТП	Погибло, чел	Ранено, чел.
2015	688	125	601
2016	637	123	526
2017	612	116	508

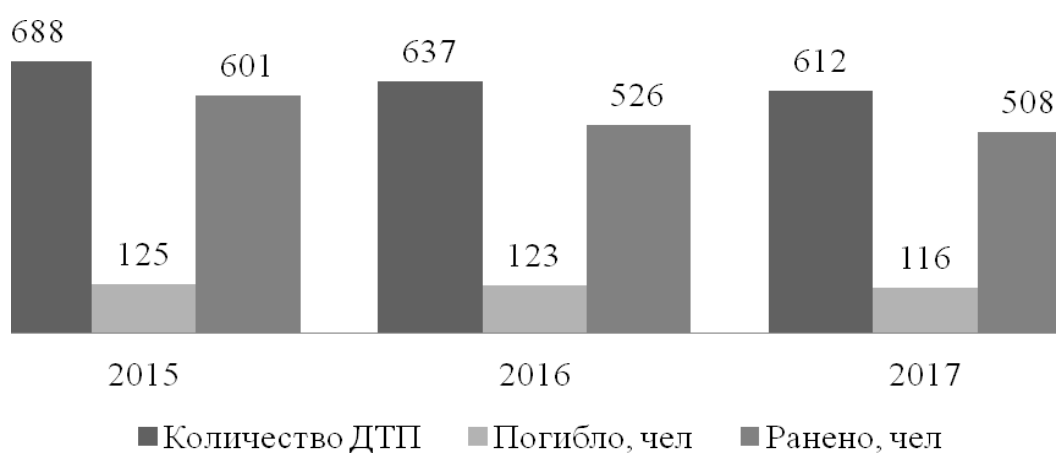


Рис. 2. Статистика аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах на территории Воронежской области за период 2015-2017 гг.

Участники дорожного движения находятся в неравных условиях. Наиболее уязвимыми участниками дорожного движения являются пешеходы, которые находятся в значительно менее защищенных условиях по сравнению с водителями автомобилей. Неслучайно около половины от общего числа погибших составляют пешеходы [2].

Особое внимание по обеспечению безопасности движения пешеходов было уделено в поправках к государственным стандартам, касающиеся безопасности дорожного движения (ГОСТ Р 52766-2007, ГОСТ Р 51256-2011, ГОСТ Р 52289-2004, ГОСТ Р 52605-2006, ГОСТ Р 52765-2007, ГОСТ Р 52290-2004), особенное внимание было уделено обеспечению безопасности пешеходов. А в частности в них, предложены типовые схемы организации дорожного движения на нерегулируемых и регулируемых пешеходных переходах, вблизи дошкольных и общеобразовательных учреждениях (рис. 3) [3].



Рис. 3. Типовая схема организации дорожного движения на нерегулируемом пешеходном переходе в непосредственной близости от образовательного учреждения при двухполосном движении ТС

Анализ исследований показал, что организация дорожного движения на нерегулируемых пешеходных переходах в непосредственной близости от образовательных учреждений г. Воронежа не соответствует требованиям «Типовой схемы». Практически на каждом нерегулируемом пешеходном переходе отсутствуют пешеходные ограждения, искусственные неровности, дорожная разметка отсутствует или плохо просматривается, знаки ограничения скорости не дублируются.

Соблюдение и выполнение требований, предложенных в «Типовых схемах организации дорожного движения вблизи нерегулируемых пешеходных переходов», а также совершенствование комплексного обустройства позволит обеспечить безопасность на нерегулируемых пешеходных переходах.

Комплексное обустройство нерегулируемых пешеходных переходов необходимым набором технических средств организации дорожного движения с применением инновационных методов и технологий является одним из главных приоритетным направлением «Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы» [4, 5].

Список литературы

1. Показатели состояния безопасности дорожного движения в Воронежской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru>. - Заглавие с экрана. – (Дата обращения 20.10.2018).
2. Investigation of methods for calculating duration of lightsignal regulation cycle / Dorokhin S.V. [other] // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Т. 1015. – С. 032128.
3. О создании условий для комфортного движения пешеходов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420221443>. - Заглавие с экрана. – (Дата обращения 20.10.2018).
4. Денисов, Г.А. Повышение безопасности движения на нерегулируемых пешеходных переходах / Денисов Г.А., Зеликов В.А., Злобина Н.И. // Бюллетень транспортной информации. – 2017. – №4 (262). – С. 15-18.
5. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы: распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2018 № 1-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/31102/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 15.10.2018).

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РФ И РОСТУ ОБЪЕМОВ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

С.В. Дорохин, А.Ю. Небесная, А.А. Астанина, Д.А. Батаев
*Воронежский государственный лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова*

Аннотация. В статье проанализировано состояние транспортной инфраструктуры РФ и ее влияние на рынок международных грузоперевозок РФ.

Ключевые слова: международные автомобильные грузоперевозки, транспортная инфраструктура, экспорт, импорт, грузооборот.

TO THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION AND GROWTH OF VOLUMES OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION

S.V. Dorokhin, A.Yu. Nebesnaya, A.A. Astanina, D.A. Batayev
Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova

Abstract. The article analyzes the state of the transport infrastructure of the Russian Federation and its impact on the international cargo transportation market of the Russian Federation.

Keywords: *international road transport, transport infrastructure, export, import, freight turnover.*

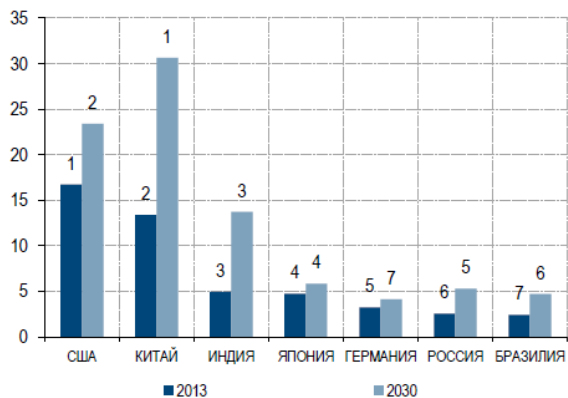
Рынок транспортных услуг – один из самых динамичных в мире. Рост экономики сопровождается бурным ростом рынка транспортных, экспедиторских и логистических услуг. В последнее время потребности в транспортных услугах только растут. Однако существующая инфраструктура уже не в состоянии обеспечить потребности экономики. Спрос на транспортное обслуживание формируется под влиянием таких основных факторов как: динамика международной экономики и международного товарообмена, глобализация грузопотоков и усложнение схем доставки, потребности в оптимизации расходов, связанных с перевозкой, хранением и дистрибуцией товаров [1].

За последние десятилетия в мировой торговле произошли серьезные изменения, связанные, с одной стороны, со снижением торговых барьеров и либерализацией торговых режимов, а с другой - с динамичным развитием экспортно-ориентированных секторов экономики стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Важнейшим стимулом развития глобального рынка транспортных услуг стал перенос производства, особенно крупнотоннажного, из Западной Европы и США в страны Юго-Восточной Азии и формирование обратного потока готовых изделий в условиях роста потребления в развитых странах.

Транспортная инфраструктура — это совокупность всех видов транспорта и транспортных структур, деятельность которых направлена на создание благоприятных условий функционирования всех отраслей экономики, т.е. совокупность материально-технических систем транспорта, предназначенных для обеспечения экономической и неэкономической деятельности человека.

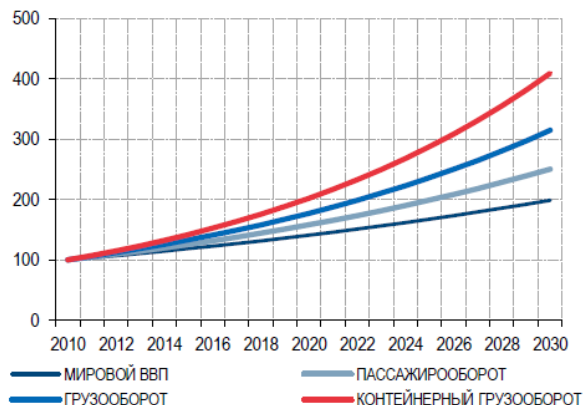
К объектам транспортной инфраструктуры относятся пути сообщения, технические сооружения, грузовые и пассажирские вокзалы и станции, агентства по продаже билетов и организации перевозок, логистические центры, склады, инженерные сети, коммуникации и т.д.

Размер ВВП и позиция страны по паритету покупательной способности, трлн долл.



Источник: PWC, МВФ

Индекс прироста мирового ВВП и показателей транспортного сектора



Источник: ОЭСР

Рис.1. График роста размера ВВП и показателей транспортного сектора

Становится понятно, что с ростом экономики стран растет необходимость пользования транспортной и логистической инфраструктурой. И потребность в ней будут только увеличиваться.

Основными тенденциями, происходящими на рынке автомобильных перевозок грузов после наложения санкции странами ЕС и США можно считать следующие:

- сокращение объемов международных автомобильных перевозок на европейском направлении на 25-30%, в том числе в импортном сообщении – на 35-40%;
- увеличение экспортного грузопотока, перевозимого автотранспортом, на 3-5%;
- повышение значения развивающихся стран (Турции, Китая, Ирана, Израиля и Египта) в международном автомобильном сообщении России;
- увеличение грузоперевозок из Азиатско-тихоокеанского региона (включая технологическое оборудование);
- сокращение грузопотока в рамках Евразийского экономического союза из-за ухудшения экономической ситуации в странах-членах интеграционного объединения.

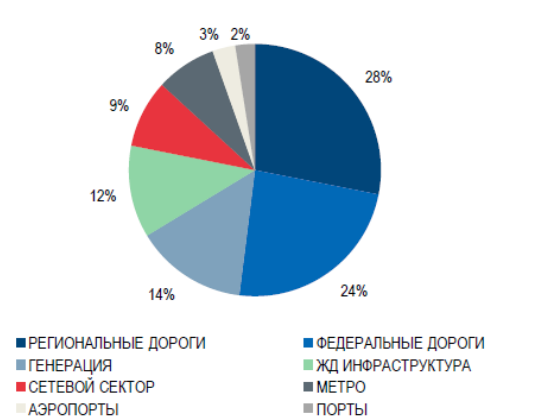
Стабилизация курса рубля и достаточно низкий его курс, стимулирует рост импорта. Увеличению объема импорта поспособствовало снижение инфляции и неспешное, но однозначное восстановление внутреннего спроса. Потребительская активность россиян вернулась к уровню докризисного 2014 года. После исключительно неблагоприятного 2016 года внешняя торговля РФ вслед за экономикой перешла к росту. Оживлению внешней торговли способствовало повышение цен на сырьевые материалы, стабилизация курса рубля и увеличение темпов производства.

Объем инвестиций в инфраструктуру, млрд руб.



Источник: ФЦП, расчеты Газпромбанка

Объем инвестиций в инфраструктуру, млрд руб. (2016-2020 гг.)



Источник: ФЦП, расчеты Газпромбанка

Рис.2. Объем инвестиций в транспортную инфраструктуру в РФ

Из рис.2 следует, что большой объем инвестиций направляется в региональные и федеральные дороги, что в первую очередь благоприятно сказывается на развитии автомобильных перевозок. То есть государство заинтересовано в развитии именно этого вида перевозки грузов.

Таким образом, наблюдаемые тенденции в постепенном оживлении экономики России, увеличение доли контейнерных перевозок, трансформация международных потоков России с Европейского направления на Азиатское, все это благоприятно влияет на рост автомобильных грузоперевозок в международном сообщении для Российской Федерации.

На российском рынке международных автомобильных грузовых перевозок происходят изменения, в значительной мере связанные с общими тенденциями во внешней торговле России с зарубежными странами, с которыми осуществляется автомобильное сообщение. Эти тенденции в текущем году можно оценить как положительные [3].

Согласно имеющейся таможенной статистике, прирост объемов внешнеторгового оборота нашей страны за семь месяцев 2018 г. со странами ЕС составил 22,7 %, в том числе по импорту – 12,1% и экспорту – 28,1%. При этом известно, что преобладающая доля (в частности, импорта) обеспечивается услугами автомобильного транспорта [4].

Следует отметить, что по абсолютному большинству ведущих западноевропейских стран, включая Германию, Нидерланды, Бельгию, Францию, Италию и ряд других, рост двусторонних объемов перевозок в текущем 2018 году отмечается 10 – 20%. Снижение объемов наблюдается по двум самым грузоемким направлениям на нашем рынке перевозок: по Финляндии – на 5,4 % и по Польше – 6,7 %. Только по этим направлениям, а также по Украине суммарная потеря объемов рынка (в сравнении с прошлым годом) составила около 0,6 млн. т грузов.

Если рассматривать другие сектора нашего рынка, то необходимо особо выделить сохраняющуюся тенденцию значительного роста грузоперевозок на

китайском направлении (+18 %). В первую очередь это касается экспортных отгрузок из России, доля которых увеличилась до 63,5%. Объемы двусторонних автоперевозок с Китаем практически сравнялись с уровнем грузопотоков, имеющих с Германией. Можно отметить и рост перевозок в сообщении с Ираном почти в 1,8 раза. Активно восстанавливаются грузопотоки с Турцией. Весьма высокие темпы роста объемов наблюдаются и со странами СНГ, в частности с Арменией и Азербайджаном, а также (уже не первый год) с Грузией [2].

Отрадно, что удельный вес экспортных отгрузок достиг почти 50% от общих объемов. Российским перевозчикам удалось существенно нарастить объемы по ключевым направлениям.

Повышается заинтересованность российских международных перевозчиков в расширении своего участия в выполнении перевозок грузов в/из третьих стран. Постоянно увеличивается их присутствие на рынке Евросоюза. За восемь месяцев 2018 года отечественным автотранспортом выполнено около 20 тыс. груженых рейсов в сообщении между странами – членами ЕС.

Выборочный анализ использованных нашими перевозчиками разрешений на третьи страны показывает, что наиболее популярными направлениями являются рейсы в сообщении между Литвой, Латвией, Польшей и такими странами, как Бельгия, Германия, Нидерланды, Франция.

Основную лепту в обеспечение прироста объемов грузоперевозок российским транспортом внесли международные перевозчики Центрального федерального округа, в первую очередь – Смоленской области. В то же время имеет место определенное снижение выполняемых объемов у организаций Северо-Западного федерального округа, а более значительное – у Калининградской области.

При всех упомянутых положительных тенденциях нужно отметить, что в условиях общего сокращения двусторонних грузоперевозок по Финляндии и Польше определенное уменьшение объемов по этим двум странам имеется и у российских перевозчиков.

Также несколько ниже уровня прошлого года выполняются грузоперевозки с такими странами, как Сербия, Грузия, Словакия и Греция.

Таким образом, следует отметить, что развитие транспортной инфраструктуры идет достаточными темпами, которые позволяют наращивать международные перевозки грузов автомобильным транспортом. Особенно выгодными являются перевозки в Европейский Союз и Китай.

Список литературы

1. Dorokhin S.V Prospects for development of international cross-border transport infrastructure [Текст] / S.V.Dorokhin, A.Yu. Nebesnaya // Globalization and its Socio-Economic Consequences 17th International Scientific Conference Proceedings .- 2017.-С. 354-361.

2. Турбан Г. Международные грузоперевозки и свобода транзита Европейский союз - Евразийский экономический союз – Китай [Текст] / Г.

Турбан // Oikonomos: Journal of Social Market Economy. - 2016. - № 3 (6). - С. 73-88.

3. Пономарева Н.Н. Транссиб как ведущий евро-азиатский международный транспортный коридор на территории России [Текст] / Н.Н. Пономарева // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. - 2014. - № 4 (20). - С. 57-65.

4. Рыбин Д.А. Особенности международных контейнерных перевозок [Текст] / Д.А. Рыбин // Молодой ученый. - 2016. - № 10 (114). - С. 850-852.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОШИБКИ В РАБОТЕ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

В.В. Дремин, Г.Г. Ахмедзянов, М.В. Ключников

Омский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, возникающие в процессе роспуска составов, определены факторы, влияющие на работу сортировочной горки, роспуск составов описан как ответственный технологический процесс.

Ключевые слова: сортировочная горка, отцепы вагонов, корреляция, ответственный технологический процесс, априорный анализ, экспертные оценки.

DETERMINING THE FACTORS AFFECTING MISTAKES IN WORK OF A HUMP YARD

V.V. Dremin, G.G. Akhmedzyanov, M.V. Klyuchnikov

Omskstate transport university

Abstract. The article considers problems of breaking down trains, determining factors affecting hump yard working, breaking down of trains is described as a dangerous operational processing.

Keywords: humpyard, cars, correlation, dangerous operational processing, aprioristic analysis, expert estimates.

В каждой железнодорожной системе реализуются сортировочные процессы – расформирование и формирование поездов. Эти работы производятся на сортировочной станции. Сортировочные станции сооружают в районах образования и погашения значительных грузопотоков: на подходах к промышленным центрам и в крупных железнодорожных узлах. Предназначенные для расформирования поезда принимают в парк прибытия. После проведения коммерческого и технического осмотров, к составу подается горочный локомотив для последующего надвига на сортировочную горку. Перед роспуском состава с горки дежурный по горке (ДСПГ) и составители поездов (ДСД) получают сортировочный лист с указанием числа вагонов в отцепах и номеров путей их скатывания, а при необходимости и особых условий роспуска. При движении отцепа осуществляется перевод стрелок по маршруту, а также регулирование скорости движения с помощью вагонных замедлителей [1].

Для повышения эффективности, качества управления и уровня безопасности сортировочного процесса важнейшее значение имеет автоматизация. Управление сортировочными станциями с высоким уровнем автоматизации является очень сложной задачей и возможно только на основе горочных управляющих систем (комплексов). Эти системы взаимодействуют с: техническими средствами изменения скорости движения подвижных единиц (вагонными замедлителями); стрелками; датчиками. Для получения необходимой информации должно быть сформировано, обработано и передано в режиме реального времени в управляющую систему большое количество данных. При этом необходима входная информация, описывающая следующие объекты или процессы:

- 1) прибывающие поезда (номер, типы и расположение вагонов, время прибытия и т.д.);
- 2) вагоны (технические параметры – масса, ширина, число осей);
- 3) состояние окружающей среды (ветер, дождь, снег, температура и т.д.);
- 4) движение вагона (скорость, местоположение);
- 5) состояние стрелок (положение, занятость или свобода);
- 6) состояние замедлителей и других технических средств (рабочее положение, занятость или свобода);
- 7) состояние путей (занятость или свобода) и ряд других данных.

Все функции управления и контроля концентрируются в горочной информационно-управляющей системе (комплексе). Примером такой системы является КГМ – комплекс горочный микропроцессорный [2].

Важнейшей задачей при проведении роспуска составов является регулирование скорости скатывания отцепов. При превышении допустимой скорости возможен нагон отцепом впереди идущего отцепа и, как следствие, движение вагонов на неправильный путь. Также в случае превышения максимальной скорости соударения вагонов при сцепке в подгорочном парке существует вероятность повреждения вагона и груза. Снижение скорости скатывания отцепа ниже необходимого ведет к увеличению времени роспуска состава. Кроме того, отцеп может остановиться раньше плановой точки остановки, что влечет за собой необходимость осаживания состава с предварительной остановкой роспуска.

В ходе анализа данных о роспуске составов на станции Московка Западно-Сибирской железной дороги рассматривалась гипотеза о влиянии неисправности буксовых узлов и количества вагонов в отцепе на вероятность возникновения «перетормоза» (выход отцепа из тормозной позиции с заниженной скоростью). При движении по спускной части горки, на вагон не действует сила тяги локомотива, он движется лишь под действием собственной силы тяжести, при этом неисправные буксовые узлы оказывают дополнительное сопротивление движению, не учитываемое КГМ при предварительных расчетах. Также необходимо принять во внимание количество вагонов, находящихся в отцепе, так как при увеличении числа вагонов влияние неисправного вагона на роспуск уменьшается.

При рассмотрении влияния перегрева буксовых узлов вагонов на вероятность перетормоза была выявлена следующая зависимость: при увеличении процента перегретых вагонов увеличивается процент переторможенных вагонов, $R = 0,26$ (R –коэффициент корреляции, отражающий степень взаимосвязи между случайными величинами). При рассмотрении влияния количества вагонов в отцепе на вероятность его перетормоза была выявлена зависимость: при увеличении среднего количества вагонов в отцепе увеличивается процент переторможенных вагонов, $R = -0,36$ (отрицательное значение коэффициента корреляции говорит об обратной зависимости между случайными величинами) [3]. Полученные значения коэффициентов корреляции говорят о слабом влиянии рассмотренных факторов на возникновение перетормозов. Это связано с тем, что на отцеп одновременно оказывает влияние множество факторов, для того чтобы их учесть, требуется проанализировать модель работы сортировочной горки.

Учитывая сложность процесса роспуска составов, а также потенциальную опасность для людей и окружающей среды в случае отказа технических средств (например, вагонных замедлителей), можно рассматривать работу сортировочной горки как ответственный технологический процесс (ОТП). Обобщенная структурная схема ОТП показана на рис. 1.

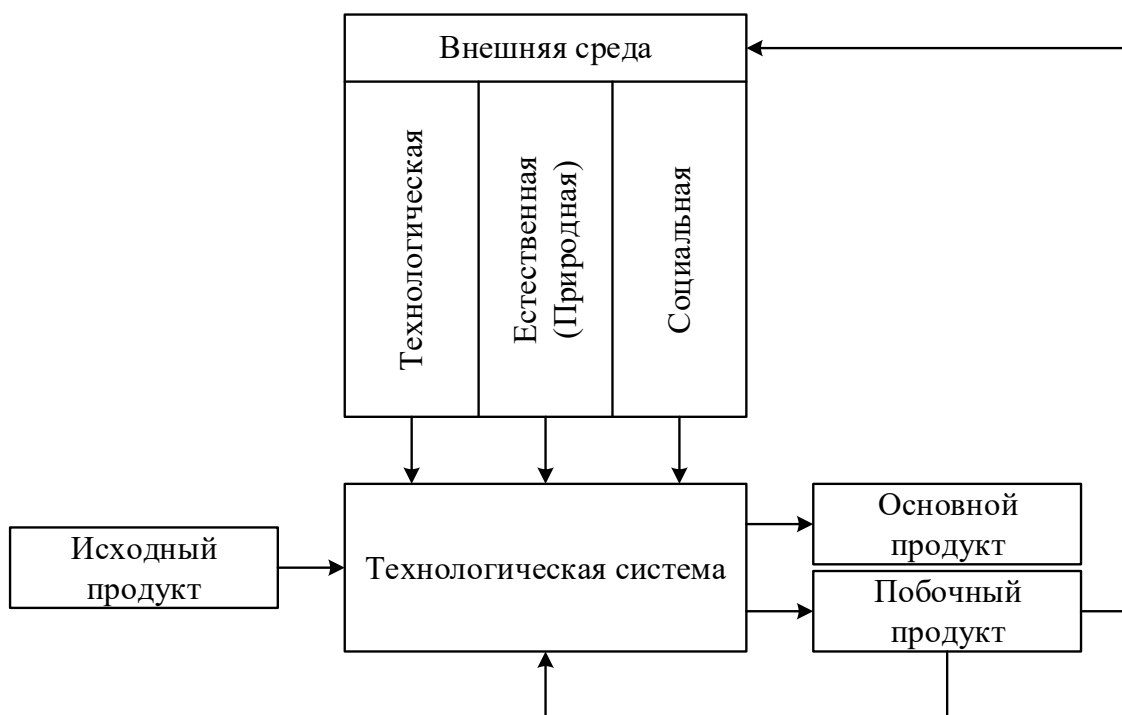


Рис. 1. Обобщенная структурная схема ОТП

Основными структурными составляющими ОТП являются исходный продукт (сырье), технологическая система, выходные продукты – основной и побочные. Побочные продукты влияют на саму технологическую систему и на внешнюю среду, в которой реализуется ОТП. В свою очередь, внешняя среда

оказывает влияние на технологическую систему. Она имеет три оставляющих – технологическую, социальную и естественную (природу). Социальная среда образуется всей совокупностью социальных явлений, происходящих в обществе.

Исходный продукт – это предмет производства, один или несколько параметров которого изменяются в результате его переработки в технологической системе. Таким образом, в ходе технологического процесса изменяются состояния предмета производства. Для сортировочной горки исходным продуктом является расформировываемый состав.

Основной продукт ОТП – это полезный продукт, на создание которого и направлен технологический процесс. В рассматриваемом случае основным продуктом ОТП является вновь сформированный состав.

Побочный продукт ОТП – это дополнительно к основному создающийся продукт и оказывающий, как правило, отрицательное воздействие на окружающую среду и саму технологическую систему. Состав и количество побочных продуктов существенно зависят от состояния технологической системы. Именно побочные продукты определяют степень опасности ОТП для окружающей среды и самой технологической системы [4]. В качестве побочных продуктов работы сортировочной горки рассмотрим:

- 1) повреждение вагонов;
- 2) ошибки формирования;
- 3) переторможение;
- 4) недоторможение;
- 5) появление вагонов – «чужаков»;
- 6) задержка отправления поезда.

Проанализировав существующую литературу по горочной автоматической централизации (ГАЦ), а также изучив технологию работы сортировочной горки, выделим факторы, влияющие на роспуск составов. К факторам технологической среды отнесем:

- 1) состояние стрелок;
- 2) состояние путей;
- 3) состояние вагонных замедлителей;
- 4) состояние горочной автоматической централизации;
- 5) состояние горочных датчиков;
- 6) занятость подгорочного пути;
- 7) освещенность горки и горочного парка.

К факторам естественной среды можно отнести:

- 1) влажность;
- 2) ветер;
- 3) осадки;
- 4) температура;
- 5) туман;
- 6) время года;
- 7) время суток.

К факторам социальной среды отнесем:

- 1) ошибки ДСПГ;
- 2) ошибки электромеханика;
- 3) ошибки составителя;
- 4) ошибки машиниста;
- 5) ошибки оператора тормозной позиции;
- 6) ошибки РСДВ («Башмачника»).

Исходя из вышеизложенного, на основе обобщенной структурной схемы, изображенной на рис.1, построена модель работы сортировочной горки, показанная на рис. 2.

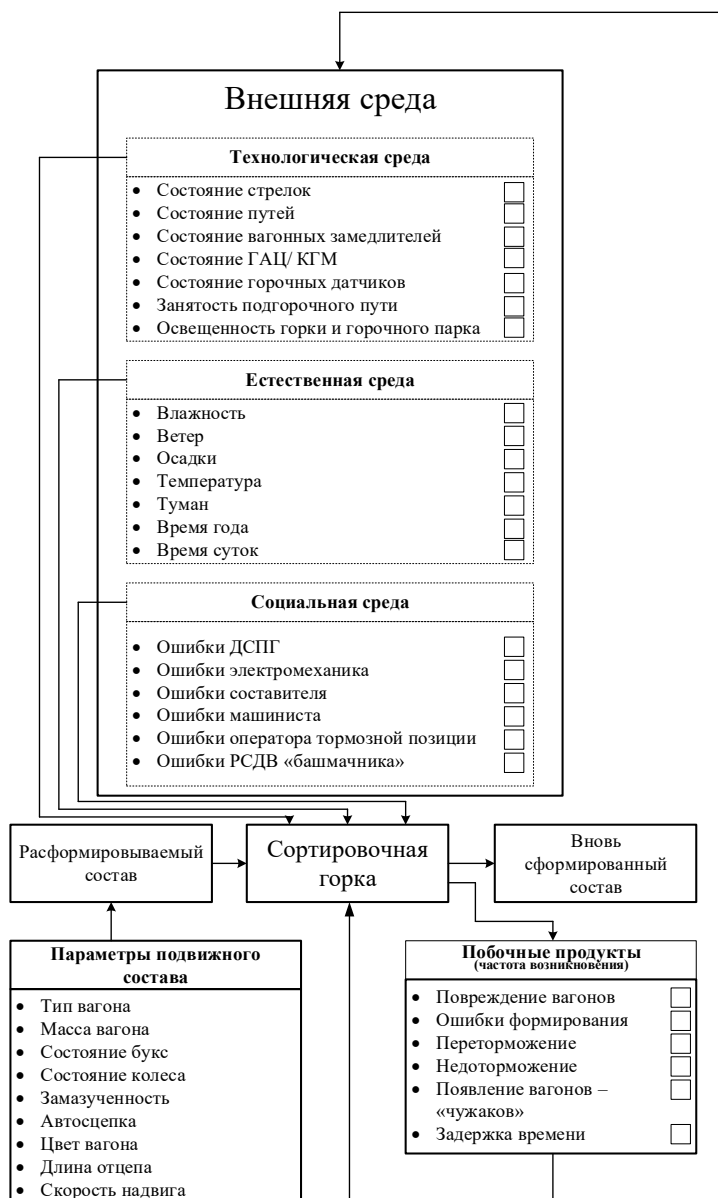


Рис. 2. Модель работы сортировочной горки

С целью определения факторов, значительно влияющих на процесс роспуска составов, воспользуемся априорным анализом. Под априорным понимается анализ, при котором используется априорная исходная информация

об анализируемом явлении. Априорная информация получается не в результате эксперимента, а на основе суждений, высказываемых специалистами – экспертами. Эти суждения формируются у них в процессе накопления опыта, подчас неосознанно, а также на основе их интуитивных представлений. Необходимость в использовании априорной информации возникает, когда имеется неполная и недостаточно достоверная статистическая информация об анализируемом явлении. Опрашиваемый эксперт должен быть компетентным в своей области и, кроме того, обладать широкой эрудицией. В связи с этим предполагается опрашивать дежурных по горке, электромехаников, составителей поездов, а также других лиц, участвующих в работе сортировочной горки. Опрашиваемым предлагается оценить степень влияния выбранных факторов на работу сортировочной горки путем присвоения каждому баллов от 0 до 10, где 0 – «не влияет», 10 – «очень сильно влияет». По результатам обработки опроса станет возможным определить факторы, влияющие на работу сортировочной горки и подтвердить гипотезу о влиянии неисправности буксовых узлов на вероятность перетормоза отцепа.

Список литературы

1. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики: учебник / В. В. Сапожников [и др.]; ред. В. В. Сапожников. М.: Маршрут, 2006. 247 с.
2. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира: учебное пособие для вузов / ред. Г. Теег, С. Власенко. М.: Интекст, 2010. 487с.
3. Горлов, А.В. Проблемы качества роспуска отцепов на сортировочной горке / А.В. Горлов, М.В. Ключников, Т.Е. Махненко // «Студент: наука, профессия, жизнь»: материалы V всероссийской студенческой научной конференции с международным участием: в 3 ч. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2018. Ч. 1. 250 с.
4. Статистическая теория безопасности движения поездов: учебник / В. М. Лисенков. М.: ВИНТИ РАН, 1999. 331 с.

ВЗАИМОСВЯЗЬ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ С ДВИЖИТЕЛЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

¹С.С. Жуков, ²В.С. Макаров, ²В.В. Беляков

¹*ГБОУ ВО Нижегородский государственный инженерно-экономический университет*

²*ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева*

Аннотация. Сельскохозяйственные транспортно-технологические машины (ТТМ) имеют ряд конструкционных решений, не имеющих своей области применения в других областях использования автотранспорта. За сто с небольшим лет развитие сельскохозяйственной техники шагнула от использования конной тяги до систем автоматического пилотирования со спутниковым наведением в аграрной технике, а сфера технологических процессов стала иметь куда больший ареал. Площади посевов значительно увеличились, а значит и мото-часы возросли, в прямой пропорциональности возрос износ

узлов и агрегатов. В настоящее время наблюдается тенденция в увеличении массы самой технике, что влечет достаточно негативные последствия. В данном исследовании будет рассмотрена концепция использования системы адаптивного рулевого управления в совокупности с новейшими видами движителей в с/х машинах.

Ключевые слова: транспортно-технологическая машина, рулевая система, система адаптивного рулевого управления, сервопривод, подвижность.

RELATIONSHIP OF ADAPTIVE STEERING SYSTEM WITH THE ENGINE OF AGRICULTURAL TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINES

¹S.S. Zhukov, ²V.S. Makarov, ²V.V. Belyakov

¹*Nizhny Novgorod state University of Engineering and Economics*

²*Nizhny Novgorod state technical University n.a. R.E. Alekseev*

Annotation. Agricultural transport and technological machines (TTM) have a number of structural solutions that do not have their field of application in other areas of vehicle use. Over a hundred years, the development of agricultural technology has stepped from the use of horse-drawn to automatic piloting systems with satellite guidance in agricultural technology, and the sphere of technological processes has become a much larger area. The area of crops has increased significantly, and therefore the motorcycle hours have increased, in direct proportion to the increased wear of units and assemblies. Currently, there is a tendency to increase the mass of the equipment, which entails quite negative consequences. This study will consider the concept of the use of adaptive steering system in conjunction with the latest types of engines in agricultural machines.

Keywords: transport and technological machine, steering system, adaptive steering system, servo drive, mobility.

1. Современное положение материально-технической базы в аграрном секторе

В настоящее время в большинстве аграрных предприятий и крестьянско-фермерских хозяйств машины и трактора находятся в состоянии, превышающем амортизационные сроки техники. В процентном соотношении доля зарубежных машин 30-40%, все остальное отечественные представители автопромышленности СССР и периода 1990-2000 г. Соответственно, на обслуживание устаревшей техники уходят не малые материальные затраты.

Расположив всю технику в ряд, можно заметить преобладающее количество тракторов и комбайнов, имеющих колесный движитель, и несколько единиц гусеничной со времен СССР. В наши дни гусеничный движитель имеет большую стоимость, по сравнению с колесной.

2. Виды конструкций движителей

Существует семь видов конструкции движителей в различных областях использования ТТС. В сельском хозяйстве используется три конструкции: колесный, гусеничный и полугусеничный (рис. 1). Каждый вид имеет свои достоинства и недостатки (см. табл.1)



Рис.1. Наиболее встречаемые виды движителей: колесный, гусеничный (металлический и резиновый), полугусеничный

Таблица 1

Сравнение видов движителей

	Колесный	Гусеничный	Полугусеничный
Достоинства	1) Простота в техническом обслуживании	1) Площадь контакта в 3...5 раз выше, чем у колеса 2) Низкое агрессивное воздействие на почву	1) Достижение оптимальной тяги и скорости между колесным и гусеничным движителем
Недостатки	малую площадь контакта с опорной поверхностью; низкую грузоподъемность; низкая проходимость по слабонесущим грунтам; 3) агрессивное воздействие на опорную поверхность	1) Относительная высокая стоимость ТО 2) Не все ремонтные базы имеют опыт и навыки для ТО и ТР резинометаллических гусениц 3) Низкая скорость передвижения ТТМ	1) Высокая ценовая категория 2) Не все ремонтные базы имеют опыт и навыки для ТО и ТР резинометаллических гусениц

Гусеничный движитель может быть – как сплошным, так и модульным (рис.1). Модульный тип дороже и в процессе приобретения, так и в ТО и ТР, но имеет гораздо большую маневренность, так как каждый модуль не зависит от других и имеет большой угол поворота.

3. Маневренность и проблема переуплотнения почвы

В процессе эксплуатации трактора или комбайна возникает проблема низкой маневренности техники. При передвижении по полям необходимо совершать большое количество поворотов, а это затраты времени и топлива, не говоря уже про износ. Затраты времени влекут к снижению производительности, топливо и износ – к расходам. Маневренность является одним из составных элементов понятия подвижности и входит в группу поддержания курсовой устойчивости (рис.2).

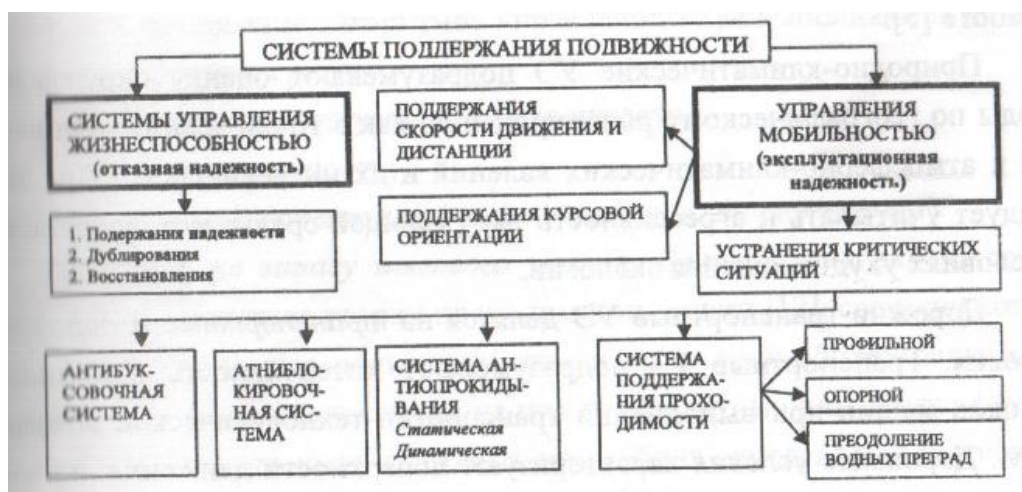


Рис. 2. Структурная схема поддержания подвижности

Как видно из схемы почти все показатели связаны друг с другом и снижение одного ведет к снижению остальных свойств.

Особо остро в сельском хозяйстве стоит вопрос переуплотнения почв. Исследования говорят, что нормальная плотность почвы $1,0-1,1 \text{ г/см}^3$ и дает урожайность $22,2 \text{ ц/га}$. Переуплотненная почва имеет показатель на уровне $1,2-1,6 \text{ г/см}^3$ с урожайностью $8,1 \text{ ц/га}$, то есть падение около $35-40\%$. От всей площади поля $10-20\%$ значительно уплотнено и только $10-15\%$ не уплотняется. Единственной причиной является значительное давление от движителя на опорную поверхность: чем меньше площадь соприкосновения, тем больше агрессивное воздействие. По этой причине гусеницы пользуются большим спросом на определенные технологические процессы.

В последние несколько лет в кругах автопроизводителей появилась новая конструкция колесного движителя – безвоздушное колесо. Как оказалось, конструкция уже прошла испытания на тракторах в условиях работы на пашне (рис.3). Результаты превзошли ожидания: безвоздушное колесо гасит вертикальные колебания и по всему объему распределяет усилие от массы машины; пробуксовывание трактора стало меньше, то есть повысилось свойство подвижности. Таким образом, переуплотнение становится меньше. Проблема маневрирования также стала решаться, пока на уровне автомобилей.



Рис.3 Безвоздушные колеса на тракторе фирмы CLAAS

4.Адаптивная система рулевого управления

Около года назад концерн Nissan сообщил мировому сообществу о разработке системы адаптивного рулевого управления (САРУ) и о его испытаниях на серии автомобилей Infinity. Следующим, кто воспринял эту идею был автопроизводитель Ford.

Адаптивность – это свойство объекта изменять характер своей работы под изменчивые условия окружающей среды, то есть это первый шаг на пути к искусственному интеллекту. В рулевом управлении совершается постепенный переход к адаптивному управлению. В основе конструкции(рис. 4) три сервопривода: один считывает усилие на рулевом колесе, два остальных расположены у колес для их поворота. Для преобразования сигнала служат три электронных блока[3].

Важным элементом конструкции является электромагнитное сцепление, которое служит элементом безопасности. При подаче тока оно размыкается и управление осуществляется по проводам (steer-by-wire), в обратном случае сцепление замыкается и происходит полностью механическое управление. Во всей системе заложена функция обеспечения безопасности: 1) первая ступень защиты – ЭБУ рулевой системы, который рассчитывают и контролируют работу друг друга с готовностью в любой момент взять на себя функции соседа.

В своей работе блоки управления взаимодействуют с другими системами автомобиля; 2) вторая ступень защиты – электромагнитное сцепления, его работа описана выше [3].

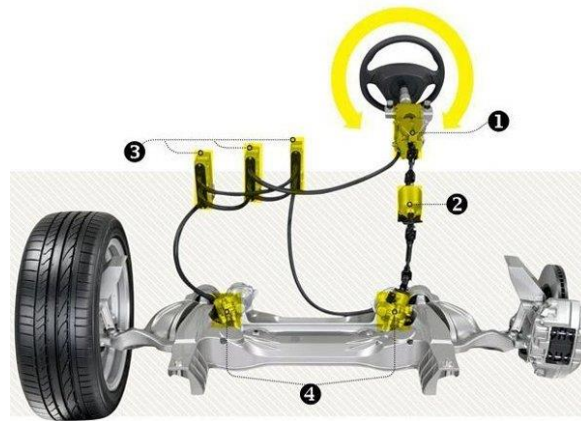


Рис. 4. Конструкция адаптивной системы рулевого управления:
 1 – сервопривод рулевого колеса; 2 – электромагнитное сцепление; 3 – электронные блоки управления; 4 – сервоприводы рулевого механизма

В соответствии с заложенной программой блоки формируют управляющие воздействия на исполнительные устройства: сервопривод рулевого механизма, сервопривод рулевого колеса, электромагнитное сцепление. Сервопривод рулевого механизма обеспечивает поворот колес на определенный угол. В системе используется отдельный сервопривод на каждое из передних колес. Сервопривод рулевого колеса создает электронную симуляцию естественного сопротивления на рулевом колесе, т.н. обратную связь с дорогой [2].

Работа системы происходит следующим образом: при повороте рулевого колеса, датчик угла поворота считывает изменение угла, а электронный блок управления рассчитывает необходимый угол поворота колес. Фактическое усилие поворота на колесе измеряется соответствующим датчиком и передается в блок управления. После обработки информации блок управления посылает сигнал на сервопривод рулевого колеса для имитации обратной связи с дорогой. Преимущества системы следующие: 1) быстродействие; 2) точность управления; 3) отсутствие вибрации на рулевом колесе; 4) возможность реализации новых функций. Прямой цифровой канал от рулевого колеса к рулевой рейке и обратно обеспечивает высокое быстродействие и точность движения по выбранной траектории, что делает управление транспортным средством более комфортным, информативным и безопасным. Кроме того, система позволяет двигаться прямолинейно при сильном поперечном ветре без подруливания [2].

Имеются большие перспективы внедрения такой системы в ТТМ сельского хозяйства. Во-первых, исчезают некоторые элементы конструкции прежнего рулевого управления, то есть снижается металлоемкость и масса техники. Во-вторых, как следствие первого пункта, уменьшение веса влечет к более деликатному воздействию движителя с почвой. В-третьих, добавляя сервоприводы можно увеличить углы поворота колес либо гусеничных модулей, а значит маневренность в целом. Интегрируя подобную схему на все колеса получаем поворот всех осей ТТМ добиваемся уменьшения топливных затрат, так как машина будет разворачиваться на месте. Совмещая

безвоздушные колеса или гусеничные резинометаллические модули с САРУ можно достичь большого технологического эффекта – производительность увеличивается, топливные потери уменьшаются, состояние грунта меняется незначительно.

В Российской Федерации сельское хозяйство находится в условиях меняющего рельефа в вертикальной проекции и преобладание бездорожья и грунтовых дорог, зависящих от природно-климатических условий. Используя вышеизложенного предложения может сыграть на руку агрохолдингам. Для более полного представления грунтовых дорог было проведено исследование микропрофиля несущей поверхности.

5. Исследование микропрофиля несущей поверхности

Помимо природно-климатических условий, которые во многом определяют подвижность ТТМ, особое внимание заслуживает сама поверхность движения, которая не может быть идеально ровной и имеет некоторую неровность. При повороте колеса на него будут воздействовать силы сопротивления от неровностей, поэтому необходимо провести исследование микропрофиля неровностей для расчета необходимого усилия сервопривода на колесо. Одной из характеристик определяющих подвижность ТС является плавность хода, которая будет зависеть от характеристик микропрофиля опорного основания. Микропрофиль дороги характеризуется статистическим функциям амплитуды и частоты неровностей, а также корреляционной функцией. [1]

Примеры микропрофиля для различных типов грунтовых дорог типа «поле» приведены на рис.5 и 6. На них показаны два крайних случая «поле ровное» и «поле заболоченное»: для первого характерно наличие равномерного травяного покрова, для второго наличие характерных кочек.

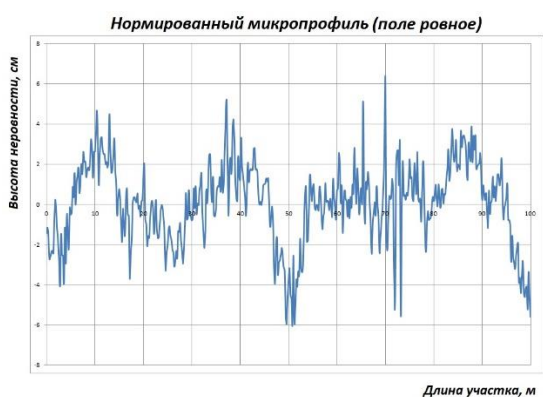


Рис. 5. Пример нормированного микропрофиля. Поле ровное.



Рис.6. Пример нормированного микропрофиля. Поле заболоченное.

Как видно из предложенных графиков существует определенная разница между микропрофилями различных грунтовых дорог. Если говорить об упомянутой силе сопротивления, то она больше на грунтовой дороге типа «поле заболоченной», как аналогию можно привести пашню разной степени обработки, которая по микропрофилю очень похожа на рисунке 2 и 3.

Список литературы

1. Макаров В.С., Гончаров К.О., Беляков В.В., Зезюлин Д.В., Беляев А.М., Папунин А.В., Редкозубов А.В. Определение характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин. ФГБОУ ВО НГТУ им. Р. Е. Алексеева. Нижний Новгород
2. Макаров В.С., Гончаров К.О., Беляков В.В., Зезюлин Д.В., Беляев А.М., Папунин А.В., Редкозубов А.В. Определение характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин. ФГБОУ ВО НГТУ им. Р. Е. Алексеева. Нижний Новгород
3. Жуков С.С., Беляков В.В. Взаимодействие движителя роботизированных сельскохозяйственных машин с полотном пути. ГБОУ ВО НГИЭУ – ФГБОУ ВО НГТУ им. Р. Е. Алексеева, Княгинино - Нижний Новгород, 2018 г.
4. Система адаптивного рулевого управления/ [Электронный ресурс]: URL <http://systemsauto.ru/wheel/direct-adaptive-steering.html>

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПО СИСТЕМАМ ПОДАЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Р.Т. Замалтдинов, А.В. Вержиковский, Р.П. Якимова

Набережночелнинский институт казанского (приволжского) федерального университета

Аннотация. Проведен обзор газовых двигателей отечественного и зарубежного производства по критериям. В результате проведенного обзора газовых двигателей можно сказать, что фирмы производители комплектуют двигатели как системной центральной подачи газа SPI, так и распределенной подачи MPI.

Ключевые слова: *газовый двигатель, система подачи, природный газ, подача газа.*

ANALYSIS OF MODERN DECISIONS ON NATURAL GAS SUPPLY SYSTEMS

R.T. Zamaltdinov, A.V. Verzhikovskiy, R.P. Yakimova

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of the Kazan State (Volga Federal University) Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

Annotation. A review of gas engines of domestic and foreign production according to the criteria. As a result of the review of gas engines, it can be said that the manufacturers provide engines for both the central SPI gas supply system and the MPI distributed gas supply.

Keywords: *gas engine, feed system, natural gas, gas supply.*

Проведен обзор газовых двигателей отечественного и зарубежного производства по критериям: мощностные характеристики; топливная экономичность; выбор конструкции систем подачи газа, зажигания и управления [1].

Обзор газовых двигателей отечественного и зарубежного производства, как IVECO Cursor 9CNG, Cummins L8.9GE5, Scania P5 Euro 6 Biogas, Weichai WP7NG 260 E5, DaimlM906LAG, Yuchai YC6G260N-50, ЯМЗ -534CNG (рис. 1).



IVECO Cursor 9CNG



Weichai WP7NG 260 E5



ЯМЗ -534CNG



Yuchai YC6G260N-50

Рис. 1. Обзор газовых двигателей

В результате проведенного обзора газовых двигателей можно сказать, что фирмы производители комплектуют двигатели как системной центральной подачи газа SPI, так и распределенной подачи MPI [2]. Решение принимать центральную подачу или распределительную подачу газа в конечном счете зависит от компоновки конкретного двигателя и предпочтений производителей двигателей.

На сегодняшний день в газовых двигателях, использующих в качестве топлива природный газ, применяются два способа подачи топлива: центральная подача газа или одиночная подача (по англ. CPI – central point injection или SPI – single point injection); распределительная подача газа или многоточечная подача (MPI – multiple point injection) [3].

Проанализировав данные можно выявить преимущества и недостатки каждой системы (табл.1).

Преимущества и недостатки систем подачи газа

Преимущества	Недостатки
Центральная подача газа (SPI)	
Отличная смешиваемость ТВС. Смесь однородна.	Медленный отклик на коррекцию состава ТВС от ЭБУ по сигналу датчика кислорода.
Стабильный рабочий процесс. Низкий расход топлива.	Риск повреждения каталитического нейтрализатора по причине выхода из строя компонентов системы зажигания и отсутствия возможности отключения подачи газа в конкретном цилиндре.
Простая установка компонентов системы на двигателе. Меньшее количество доработок деталей двигателя.	Функция отсечки подачи газа не очень эффективна.
Количество дозаторов газа не зависит от количества цилиндров двигателя (меньшие затраты на дозаторы газа). Аварийное изменение пропускной способности дозаторов газа не критичен.	
Распределительная подача газа (MPI)	
Быстрая реакция на коррекцию состава ТВС. Точностью динамического поддержания состава ТВС.	Смешиваемость топлива и воздуха хуже по отношению к системе SPI. Сложность достижения однородности ТВС.
Эффективная отсечка подачи газа.	Установка на двигателе усложнена. Необходимость проектирования и доработок оригинальных деталей.
Возможность активирования функции отключения цилиндров. Снижение расхода топлива.	Жесткие требования к изменению пропускной способности дозаторов газа. Влияние на рабочий процесс двигателя старения дозаторов газа и загрязнений.
Оптимальная загрузка каталитического нейтрализатора.	Зависимость количества дозатора газа от количества цилиндров двигателя. Максимальный угол впрыска ограничен.

В результате проведенного обзора и сравнения различных систем подачи природного газа можно сказать, что обе системы имеют как преимущества, так и недостатки.

Решение применять центральную подачу или распределительную подачу газа в конечном счете зависит от компоновки конкретного двигателя и предпочтений производителей двигателей.

Список литературы

1. Авдеева А.А. Контроль сжигания газообразного топлива. М.: Энергия, 1971. 256 с.
2. Бурцев В. А. Использование природного газа в сельскохозяйственных машинах проблемы и перспективы // НТС ОАО «Газпром». М., 2006. С. 49-52.
3. Галышев Ю.В., Магидович Л.Е. Пути совершенствования рабочих процессов поршневых двигателей, работающих на газовом топливе // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 2003. №1 (31). С.75-79.

ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА Г. НОВОСИБИРСКА В АСПЕКТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ

С.С. Захарова

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)*

Аннотация. Исторически сложившаяся транспортная система г. Новосибирска не отвечает современным потребностям населения в передвижении. Это связано с ускоренным ростом уровня автомобилизации, изменениями в структуре расселения жителей города в связи с появлением новых районов жилой застройки, появлением новых мест притяжения пассажиропотоков. Данные факторы приводят к загруженности улично-дорожной сети, что, в свою очередь, влечет за собой снижение скорости и увеличение времени передвижения. Одним из направлений в решении транспортных проблем является развитие транспортно-пересадочных узлов.

Ключевые слова: транспортная система, улично-дорожная сеть, маршрутная сеть, транспортно-пересадочный узел.

THE TRANSPORT SYSTEM OF NOVOSIBIRSK IN ASPECT OF FORMATION OF TRANSPORT HUBS

S.S. Zakharova

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)

Abstract. Historically developed transport system of Novosibirsk doesn't meet modern needs of the population for movement. It is connected with the accelerated growth of level of automobilization, changes in structure of resettlement of residents in connection with emergence of new areas of the housing estate, emergence of new places of an attraction of passenger traffics. These factors result in load of a street road network that, in turn, involves reduction of speed and increase in time of movement. One of the directions in the solution of transport problems is development of transport hubs.

Keywords: *transport system, street road network, route network, transport hubs.*

Новосибирск является крупнейшим транспортно-логистическим узлом Сибири, где сходятся железные дороги алтайского и кузбасского направлений и транссибирская железнодорожная магистральная линия.

Улично-дорожная сеть (УДС) города Новосибирска как базовый элемент градостроительной структуры за все время существования города прошла ряд эволюционных изменений. Дороги общего пользования формировались по периметральному принципу вокруг центральной оси – Николаевского (Красного) проспекта. Первые генеральные планы города сохраняли развитие УДС в этой же градостроительной логике. Генеральные планы 1955 и 1975 годов фиксируют активное развитие новой застройки на обоих берегах реки Оби, причем дислокация новых пятен застройки не была подчинена задаче оптимизации транспортной работы в городе. На этом этапе наметился «догоняющий» тренд развития УДС города по отношению к его градостроительному развитию, что не было критичным из-за тотальной ориентации города на общественный транспорт. В 1980-х, и особенно в 2000-х годах темпы градостроительного развития и его хаотичные векторы

окончательно оторвались от темпов и планов развития УДС, что в комплексе с растущей автомобилизацией предопределило существующую транспортную ситуацию в городе.[1]

В результате ускоренного роста автомобилизации, УДС города сегодня не соответствует сложившемуся спросу на пассажирские и грузовые перевозки, что сказывается на условиях движения.

Общественный транспорт является важнейшей составной частью городской инфраструктуры. Его устойчивое развитие и эффективное функционирование в значительной степени влияет на социальную обстановку в городе.

В соответствии с Реестром маршрутов регулярного сообщения муниципальной маршрутной сети города Новосибирска организовано движение 180 маршрутов, из них: 11 трамвайных, 14 троллейбусных, 79 автобусных и 76 маршрутов маршрутного такси.

Помимо различных видов наземного пассажирского транспорта регулярные пассажирские перевозки осуществляются метрополитеном и пригородным железнодорожным транспортом. Дальнейшее развитие всех основных видов пассажирского транспорта общего пользования должно способствовать повышению качественного уровня транспортного обслуживания населения с учетом социальных, экономических и экологических факторов.

В утренние и вечерние часы пик скорость передвижения на наземных видах транспорта значительно снижается, вследствие чего увеличиваются потери свободного времени населения.

Для стимулирования владельцев личных транспортных средств пользоваться общественным транспортом, нужно начать с оптимизации маршрутной сети общественного транспорта, для этого необходимо, чтобы пассажирские перевозки стали скоростными, безопасными и комфортабельными, а главное недорогими.

Формирование маршрутной сети является важным этапом разработки эффективной транспортной системы города. От того, насколько рационально разработана маршрутная сеть, насколько удачно и гармонично она интегрирована в транспортную сеть города, зависят удовлетворение населения перевозками и эффективность работы транспортных компаний.[3]

Основной целью оптимизации транспортной системы г. Новосибирска является популяризация городского общественного транспорта и создание благоприятных условий для отказа от личного автомобиля. Для привлечения потенциальных пассажиров, необходимо, чтобы переход с одного вида транспорта на другой не вызывал затруднений, а затраты времени на поездку сокращались.

Планировочная структура города нуждается в узловых элементах транспортно-общественного назначения, в которых осуществляется перераспределение транспортных потоков, пересадка пассажиров между различными видами городского пассажирского и личного транспорта. Такими элементами являются транспортно-пересадочные узлы (ТПУ).

Преимуществами ТПУ являются:

- разделение пешеходных и транспортных потоков;
- сокращение времени пересадки с одного вида транспорта на другой;
- комфортная зона пересадки;
- отказ от личного транспорта в пользу общественного;
- организация торговых зон для удобства транзитных пассажиров;
- доступность для пассажиров, включая маломобильных людей;
- удобная навигация.[5]

ТПУ являются ключевым звеном пересечения коммуникационных и функциональных связей в городской среде и распределяют мощные пешеходные и транспортные потоки.

Основными структурными возможностями ТПУ являются: возможность регулирования пешеходного и автомобильного трафика; увеличение пропускной возможности.

ТПУ, как правило, располагаются, вблизи центра города, а также в срединной или периферийной частях города, в местах размещения вокзалов различных видов внешнего транспорта.

Транспортная функция является основополагающей для ТПУ. Также к основным относится коммуникационная функция, обеспечивающая удобство передвижения и безопасность пешеходов.

Пешеходно-коммуникационные узлы представляют собой пешеходные переходы, ориентированные на основные пути движения пешеходных потоков. Пешеходные переходы бывают наземные (регулируемые/нерегулируемые), надземные и подземные.

Наземный пешеходный переход, регулируемый или нерегулируемый, даже не смотря на использование специальных средств по обеспечению безопасности пешеходов (например, современные дорожные знаки пешеходного перехода с диодной подсветкой и пр.) не гарантируют полной безопасности пешеходов. Кроме того, данные мероприятия непосредственно влияют на скоростной режим, непрерывность движения и другие особенности движения транспортных средств на транспортной магистрали, создавая помехи для реализации ее главной задачи — возможности пропуска наибольшего количества транспортных средств за определенный период времени.

В свою очередь, надземные и подземные пешеходные переходы не оказывают негативного влияния на пропускную способность. Такие переходы могут быть встроены в структуру ТПУ, тем самым обеспечивая беспрепятственное передвижение пешеходов между связующими частями узла.

Выбор типа пешеходного перехода зависит от интенсивности автомобильного и пешеходного движения, а также количества дорожно-транспортных происшествий, связанных с наездами на пешеходов.

Обработка данных об аварийности показывает, что к местам с наибольшей концентрацией дорожно-транспортных происшествий (ДТП) относятся ряд магистралей: Красный проспект, Богдана Хмельницкого, Бориса Богаткова, Немировича-Данченко, Титова, Кирова.

Для исследования плотности пешеходных потоков выбраны нерегулируемый пешеходный переход на Красном проспекте и регулируемый переход на пересечении улиц Новогодняя и Немировича-Данченко, располагающиеся в местах концентрации ДТП.

Среднесуточная плотность передвижения пешеходов на переходе, расположенном на Красном проспекте составляет 614 человек, на пересечении Новогодней и Немировича-Данченко 1102 человека.

Полученные данные показывают, что плотность пешеходного потока по Немировича-Данченко значительно выше, чем на Красном проспекте. Это обуславливается близким расположением к пешеходному переходу учебных заведений, объекта здравоохранения и остановкой общественного транспорта, что влечет высокую функциональную нагрузку на данную территорию.

Высокая аварийность и низкая пропускная способность данного участка требуют регулирования транспортных и пешеходных потоков. Одним из способов является увеличение работы красного светофора, но в свою очередь, это приведет к еще более негативной ситуации.

Решением сложившейся ситуации является разграничение транспортных и пешеходных потоков в разных уровнях.

По итогам исследования разработаны архитектурные решения типовой экономически эффективной документации надземного пешеходного перехода.

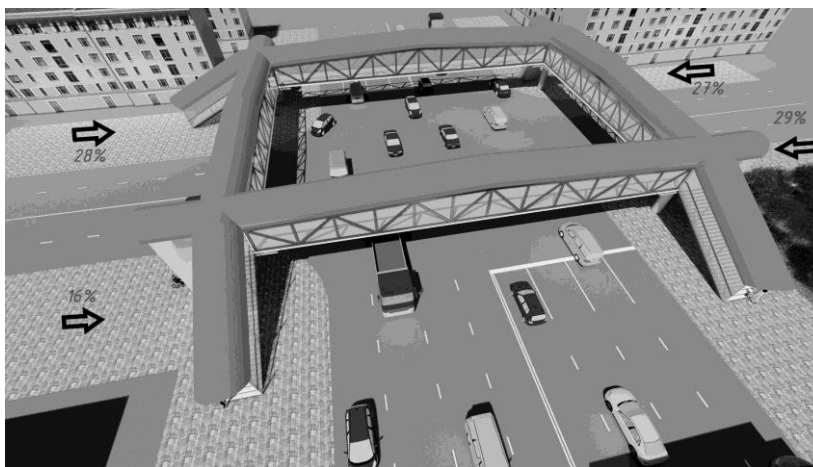


Рис.1. Проект надземного пешеходного перехода на пересечении улиц Новогодней и Немировича-Данченко

Предложенный тип надземного перехода разграничивает пешеходные и транспортные потоки, тем самым сводит к минимуму вероятность возникновения конфликтных ситуаций на данном перекрестке и на аналогичных в разрезе общих геометрических параметров, увеличивается пропускная способность.

Практика проектирования и строительства ТПУ в нашей стране и за рубежом показывает большое разнообразие их структурных характеристик по местоположению, особенностям транспортной зоны, насыщению объектами

обслуживания, площади участка и застройки, использованию подземного пространства [6].

Особенностью японских транспортных хабов является их чрезвычайно высокая многофункциональность. ТПУ «Шинагава» (Shinagawa), располагается в одном из центральных районов Токио – Тиёда (Chiyoda). В нем пересекаются:

- межрегиональный транспорт: скоростная транспортная система Синкансен (Shinkansen) – линия Токайдо, ведущая на запад страны;
- региональный транспорт: 4 линии экспрессных и обыкновенных железных дорог (линии Яманото, Кеихин – Тохоку, Негиши и т.д.);
- городской транспорт: 2 линии метрополитена. Одна линия относится к системе Токийского метро (Токуо-metro), вторая – к системе Тоэсабвея (Toei-subway). За счет организации маршрутного движения по линиям метро фактически через узел проходят 10 линий городской системы скоростного внеуличного транспорта (СВТ). Кроме того, городской пассажирский транспорт представлен автобусными маршрутами и таксомоторным транспортом.

Планировочное единство ТПУ обеспечивается платформой, расположенной над уровнем земли. Платформа обеспечивает пешеходные связи западной и восточной частей узла между собой, а также проход к основным инфраструктурным составляющим ТПУ. На ней расположены входные группы на каждый из вышеперечисленных систем пассажирского транспорта, билетные кассы, залы ожидания, объекты попутного обслуживания (мелкорозничная торговля, кафе, информационные службы) и т.д.

В западной части узла платформа переходит в эспланаду, представляющую собой надземный пешеходный уровень, который объединяет в единый комплекс объекты, расположенные вдоль нее. В восточной части ТПУ вдоль пристанционной площади находятся остановочные пункты наземного пассажирского транспорта и стоянка такси. Стоянки такси в западной части узла расположены на прилегающей улично-дорожной сети в специально отведенных местах.

Стоянки индивидуального транспорта в ТПУ входят в состав многофункционального комплекса. Подъезд к стоянкам обеспечивается с местных улиц, прилегающих к узлу.

Система ТПУ Японии заслуживает не только изучения, но и внедрения в Москве и других крупных городах России. Следует отметить, что планировочное решение узла – в виде комплекса с единым распределительным уровнем, расположенным в надземном или подземном пространстве, – является основным планировочным решением крупных японских ТПУ различных типов. В состав всех этих узлов входят крупные многофункциональные комплексы. [7]

К 2020 г. в Москве планируется построить 255 ТПУ – из них 163 капитальных и 92 плоскостных.

К первоочередным ТПУ относятся станции «Дмитровская», «Нагатинская», «Петровско-Разумовская», «Царицыно», «Тушино», «Тимирязевская», «Выхино» и «Ховрино». Все проекты предполагают строительство многоуровневых паркингов.

ТПУ «Ховрино» появится на базе одноименной станции метро Замоскворецкой линии. В первую очередь там создадут пассажирский терминал над северным вестибюлем станции метро, кассы, комнаты матери и ребенка. Их планируется открыть до конца 2018 года.

Маршруты значительной части автобусов, которые сегодня едут к станции метро «Речной вокзал», будут изменены и направлены к новому узлу.

В основном терминале ТПУ разместятся кассы и зал ожидания для пассажиров городских, междугородных и международных автобусов. Здесь будет конечная станция для автобусов, отъезжающих в Финляндию.

В прилегающем к узлу многофункциональном комплексе разместятся торговые площади. Также предусмотрено строительство надземного крытого пешеходного перехода через железную дорогу, который соединит районы Ховрино и Западное Дегунино. Это позволит жителям Дегунино быстро добираться до станции метро.

Один из самых крупных ТПУ – «Выхино». Комплексный проект транспортно-пересадочного узла включает сооружение станций метро на Нижегородской улице, строительство эстакад и реконструкцию Рязанского проспекта, обеспечение пересадки на станцию Московской кольцевой дороги и на платформу «Карачарово» Горьковского направления Московской железной дороги. Для интеграции различных видов транспорта в «Выхино» будет построен вокзальный комплекс, по форме напоминающий футбольный стадион, площадью 600 тыс. м² [8].



Рис. 2. ТПУ «Выхино»

Анализ мировой практики и национального опыта показывает, что структура транспортных узлов, каркас и механизм транспортно-пассажирского взаимодействия заключаются в главной функции – пересадки и передвижения.

Для совершенствования транспортной системы г. Новосибирска и улучшения транспортного обслуживания жителей города необходима сеть современных ТПУ.

ТПУ необходимо создавать с целью формирования сбалансированной интермодальной транспортной системы, т.е. такой системы, в которой каждый вид транспорта исполняет ту роль, в которой он наиболее эффективен. Главной целью такой системы является достижение максимального удобства для пассажиров.

Список литературы

1. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры города Новосибирска на 2018 – 2030 годы
2. Реестрмаршрутов регулярного сообщения муниципальной маршрутной сети города Новосибирска
3. Мартынова Ю.А. Анализ опыта проектирования рациональных маршрутных сетей городского пассажирского транспорта / Ю.А. Мартынова // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 2 (21). С. 125.
4. Николаева Р.В., Ершова А.Н. Транспортно-пересадочные узлы как решение проблемы загруженности улично-дорожной сети г. Казани /Р.В.Николаева, А.Н. Ершова // Вестник НЦБЖД. 2016. № 2 (28). С. 45-50.
5. Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы [Электронный ресурс]. – URL:<https://stroj.mos.ru/tpu> (дата обращения 13.11.2018г.)
- 6.Рекомендации по проектированию общественно-транспортных центров (узлов) в крупных городах [Электронный ресурс].– URL:<https://www.c-z-s.ru/doc/build/study/rekomendacii-po-proektirovaniyu-obshestvenno-transportnyih-.pdf> (дата обращения 15.11.2018г.)
- 7.Инженерные сооружения: электрон. журн. 2014. №2[4] – URL: <http://www.mosinzhproekt.ru> (дата обращения 15.11.2018г.)
8. Транспортные пересадочные узлы города Москвы и новой Москвы [Электронный ресурс]. – URL:<https://ardexpert.ru/project/1593> (дата обращения 15.11.2018г.)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Н.В. Зеликова, Н.И. Злобина, В.А. Зеликов, Г.А. Денисов, Е.В. Шаталов
*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова*

Аннотация. Безопасное функционирование комплекса наземных транспортных систем определяется безаварийным функционированием системы водитель-автомобиль-дорога-среда движения. В статье рассматривается статистика дорожно-транспортных происшествий на улично-дорожной сети г. Воронеж. Приводится описание обследования пешеходного перехода на магистральной улице. Отмечены недостатки обустройства и виды нарушений Правил дорожного движения пешеходами. Предложены мероприятия по обеспечению безопасности дорожного движения на пешеходном переходе путем внесения изменений в транспортное законодательство.

Ключевые слова: *пешеход, пешеходный переход, автомобиль, транспортное законодательство.*

FUNKCIONOROVANIJA SECURITY LAND TRANSPORT SYSTEMS

N.V. Zelikova, N.I. Zlobina, V.A. Zelikov, G.A. Denisov, E.V. Shatalov
Voronezh state forestry engineering University named after G.F. Morozov

Annotation. Safe operation of complex terrestrial transport systems is determined by the bezavarijnym system of driver-vehicle-road-traffic Wednesday. The article deals with the statistics on road traffic accidents on the highway-road network Voronezh. Describes a survey of pedestrian crossing on a main street. Deficiencies and violations of traffic rules by pedestrians. Suggested activities for road safety at pedestrian crossing through changes in transport legislation.

Keywords: *pedestrian, crosswalk, car, transport legislation.*

Наземные транспортные системы представляют собой совокупность дорожно-транспортного комплекса и участников дорожного движения с учетом воздействия окружающей среды. То есть, можно констатировать, что наземные транспортные системы это комплекс «водитель-автомобиль-дорога-среда движения» (ВАДС), предназначенный для удовлетворения транспортных потребностей человека.

Безопасное функционирование этого комплекса невозможно без научно обоснованного и эффективного управления его элементами посредством их упорядочения, координации и организации с учетом состояния внешней среды. Контроль над функционированием системы осуществляется в соответствии с законом «О безопасности дорожного движения», Правилами дорожного движения (ПДД) и национальными стандартами (ГОСТ) РФ. Сбой в работе какого-либо из элементов системы приводит к аварийному ее состоянию, перерастающему в большинстве случаев в дорожно-транспортные происшествия (ДТП), которые являются качественными показателями ее существования.

Согласно статистики [1], за 8 месяцев 2018 года в Воронежской области зарегистрировано 1,9 тыс. ДТП, в которых погибли 268 человек, и 2,5 тыс. человек получили ранения. Общее количество ДТП по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года снизилось на 0,7%, погибших — на 11,6%, количество раненых возросло на 0,7%. Тяжесть последствий снизилась с 10,8 до 9,6 погибших на 100 пострадавших. По итогам 8 месяцев зарегистрировано 252 ДТП с участием детей, в которых 11 детей погибли и 276 получили ранения. Особую озабоченность вызывает рост количества происшествий с участием детей-пешеходов, таких ДТП зарегистрировано 86. Это на 1% меньше их количества за тот же период предыдущего года. На 7,1% сократилось число погибших, а количество раненых возросло на 3,8%. Наезды на пешеходов составили четвертую часть всех произошедших ДТП. В целом в Воронежской области достигаются прогнозируемые значения Федеральной целевой программы (ФЦП) «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах».

Отметим, что главной задачей ФЦП и транспортного законодательства РФ является обеспечение безопасности участников движения путем предписания строгой очередности их действий с помощью технических средств организации

дорожного движения (ТСОДД), к которым относятся дорожные знаки, разметка, светофоры, дорожные ограждения, направляющие устройства и др. Правила применения ТСОДД прописаны в ГОСТ Р 52289-2004. Невыполнение этих требований является причиной создания аварийных дорожных ситуаций, транспортных происшествий и преступлений. Статистический анализ аварийности позволяет заключить, что во многих случаях ДТП с участием пешеходов и детей-пешеходов, действия их самих являются причиной наездов. По результатам анализа статистики ДТП и экспертного исследования наездов можно сделать вывод, что предпосылками для нарушения ПДД РФ пешеходами часто являются дорожные условия и организация пешеходного движения.

В этой связи мы провели обследование одного из пешеходных переходов (ПП), расположенного на магистральной улице Левобережного района в г. Воронеж.

Обследование проводили в каждом сезоне 2017 года. В процессе обследования выполнили визуальную оценку расположения и обустройства ПП, соответствие его требованиям нормативных документов. Оценили наличие дорожной разметки, дорожных знаков, определили интенсивность движения пешеходов, направление траектории их движения через проезжую часть, места притяжения пешеходов, интенсивность движения пассажирского городского транспорта. Наблюдения показали.

1. В летний и осенний периоды года у края проезжей части, где расположен пешеходный переход, после осадков в виде дождя бывают лужи, образующиеся в результате отсутствия приемников ливневой канализации. В зимний периоды выходу на пешеходный переход мешают валы снега, образованные снегоуборочной техникой дорожных или коммунальных служб. Весной движению пешеходов мешают мокрый снег и лужи.

Все это вынуждает пешеходов выходить в зону пешеходного перехода с расстояния, необходимого для обхода и преодоления этих препятствий или вообще переходить проезжую часть вне зоны ПП.

2. Расположение ПП перед остановкой городского пассажирского транспорта (ГПТ) явилось причиной остановки ГПТ для высадки и посадки пассажиров частично или полностью на разметке ПП, что затрудняет наблюдение пешеходам за работой светофорной сигнализации и выход им на проезжую часть. В такой ситуации пешеход осуществляет движение по ПП не перпендикулярно от края проезжей части улицы, а от левого края по диагонали, создавая помехи участникам встречного пешеходного движения. Пешеходы также переходят проезжую часть под произвольным, удобным для них углом, при наличии рядом с ПП мест их притяжения.

При этом встречные пешеходы обходят друг друга, а ширина пешеходного потока и время движения пешеходов через проезжую часть увеличиваются. В такой ситуации движение их через проезжую часть заканчивается на запрещающий сигнал светофорной сигнализации, создавая помехи и задержки при начале движения транспортных средств (ТС).

3. Пешеходы переходят проезжую часть по ПП с различным темпом движения, создавая друг другу помеху [2, 3, 4, 5]. В такой ситуации пешеходы

обгоняют друг друга, увеличивается ширина пешеходного потока и время движения. Пешеходы выходят частично за пределами разметки ПП. Ширина пешеходного потока определяется его возрастным составом. Так, на пешеходных переходах возле торгово-развлекательных центров преобладают пешеходы молодого и среднего возраста, темп движения которых приблизительно одинаков. Возле торговых рынков и супермаркетов эконом-класса в потоке больше пешеходов пожилого возраста.

4. В соответствии с ГОСТ Р 52289-2004 перед разметкой 1.14.1, 1.14.2 – «Пешеходный переход» на расстоянии 3 м (по ГОСТ не менее 1м) нанесена разметка 1.12 – «Стоп-линия», указывающая место остановки водителя для пропуска пешеходов. Однако пешеходы при переходе проезжей части занимают площадь не только пешеходного перехода, но и расстояние от него до стоп-линии из-за (как отмечалось ранее) дорожных препятствий и мест притяжения (рынки, торговые центры и т. п.). В таких ситуациях пешеходы пересекают стоп-линию и идут между остановившимися автомобилями, не обращая внимания на опасность для движения. При движении пешехода по диагонали слева направо по ПП остановочный путь автомобиля оказывается больше расстояния до пешехода (удаления) и при возникновении опасной дорожной обстановки у водителя не имеется технической возможности предотвратить наезд.

Для предотвращения опасных и аварийных дорожных ситуаций на пешеходных переходах, снижения количества наездов на пешеходов предлагаем.

1. Внести в Кодекс об административных правонарушениях (КоАП) пункт о наложении взыскания на работника, руководителя и юридическое лицо за несвоевременное оказание услуг по уборке участков УДС, предназначенных для движения пешеходов в соответствии с ГОСТ 50597–93.

2. В ПДД РФ внести изменения в пункт 1- «Горизонтальная разметка» приложения 2 - «Дорожная разметка и ее характеристики». Горизонтальную разметку 1.14.2 (обозначает пешеходный переход), представить в следующем виде. Направляющие стрелы разметки наносить от меньшего размера (в центре пешеходного перехода) к большему (на периферии разметки). Это будет означать, что движение пешеходов с невысоким темпом движения должно происходить в центре ПП, с более высоким темпом у периферийного ее края.

3. Пункт 6.2.14 ГОСТ Р 52289–2004 читать в следующей редакции. Разметку 1.12 (стоп-линия) применяют... При наличии пешеходного перехода разметку наносят на расстоянии не более 1 м перед переходом.

4. Пункт 6.2.17 ГОСТ Р 52289–2004 читать в следующей редакции. Разметку 1.14.1 применяют на пешеходных переходах, ширина которых не превышает 6 м. При ширине пешеходного перехода более 6 м применяют разметку 1.14.2. Линии разметки 1.14.1 и 1.14.2 наносят параллельно оси проезжей части. Стрелы разметки выполняют с увеличением от центра.

5. Пункт 4.4.2 ПДД РФ читать в следующей редакции.

На пешеходных переходах, обозначенных разметкой 1.14.1 и 1.14.2 пешеходы обязаны переходить проезжую часть строго перпендикулярно краю

проезжей части и при высоком темпе движения придерживаться правее. При низком темпе движения двигаться по своей полосе ближе к центру пешеходного перехода.

6. Проводить регулярные рейды нарядами службы ГИБДД для контроля действий пешеходов на участках УДС, обозначенных разметкой 1.14.1 – 1.14.2 и знаками 5.19.1 – 5.19.2 – «Пешеходный переход». За нарушение правил перехода проезжей части пешеходам накладывать административное взыскание. Минимальный размер штрафа увеличить до 1000 р. Закрепить в КоАП.

7. Установить камеры видеофиксации с источником тревожной сирены, которые включались бы при выходе пешехода за пределы стоп-линии перед ПП, и оповещала пешеходов о нахождении их в опасной зоне.

8. Разработать краткий курс Правил дорожного движения РФ для пешеходов [6].

9. Буклеты с кратким изложением основных требований ПДД РФ к действиям пешеходов на проезжей части разместить в салонах ГПТ и на остановках ГПТ.

Предложенные мероприятия направлены на обеспечение безопасности дорожного движения и позволят снизить количество ДТП с участием пешеходов.

Список литературы

1. Количество ДТП в Воронежской области за 8 месяцев 2018 года снизилось на 0,7%, погибших — на 11,6%. http://facto.ru/glavnaya_lenta_novostej/2018/10/kolichestvo_dtp_v_voronezhskoy_oblasti_za_8_mesyatsev_2018_goda_snizilos_na_0_7_pogibshikh_na_11_6/

2. Денисов, Г.А. Анализ скорости движения пешехода при проведении служебного расследования наезда / Г.А. Денисов, А.В. Мамаев // Автотранспортное предприятие. 2011. № 6. С. 26-27.

3. Денисов, Г.А. Повышение безопасности движения на нерегулируемых пешеходных переходах / Г.А. Денисов, В.А. Зеликов, Н.И. Злобина // Бюллетень транспортной информации. 2017. № 4 (262). С. 15-18.

4. Пеньшин, Н.В. Проблемы обеспечения безопасности и организации дорожного движения и пути их решения / Н.В. Пеньшин, В.Ю. Ивлев // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1(56). С.87-93.

5. Корчагин, В.А. Повышение уровня безопасности дорожного движения на основе имитационного моделирования работы дорожно-эксплуатационной службы / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 4(59). С.105-111.

6. Денисов, Г.А. О целесообразности издания правил дорожного движения для пешеходов / Г.А. Денисов, В.А. Зеликов, А.А. Федюцин // В сборнике: Организация и безопасность дорожного движения. Материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения д. т. н., профессора Л.Г. Резника: в 2 томах. 2017. С. 365-367.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ Г. ВОРОНЕЖА С УЧАСТИЕМ ПЕШЕХОДОВ

Н.И. Злобина

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова*

Аннотация. Представлена статистика наездов автомобиля на пешехода, в зависимости от виновника происшествия. Показана тенденция роста и снижения происшествий с пострадавшими участниками движения. Отмечено, что большее количество наездов происходит по вине водителей, по вине пешеходов наблюдается некоторое снижение.

Ключевые слова: *пешеход, автомобиль, наезд, экспертиза, методика исследования.*

ANALYSIS OF THE EMERGENCY ON THE STREET-ROAD NETWORK OF VORONEZH WITH PARTICIPATION OF PEDESTRIANS

N.I. Zlobina

Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov

Annotation. The statistics of car raids on a pedestrian, depending on the culprit of the accident. The tendency of growth and decrease in incidents with affected traffic participants is shown. It is noted that a greater number of arrivals occur through the fault of drivers, due to the fault of pedestrians, a slight decrease is observed.

Keywords: *pedestrian, car, hitting, expertise, research methodology.*

Каждый человек, находящийся в автомобиле или вне его на проезжей части является участником дорожного движения (будь то пешеход, пассажир или водитель) и относится к системе водитель – автомобиль – дорога – среда движения (ВАДС). Нарушение безопасного функционирования этой системы называется дорожно-транспортным происшествием (ДТП), которое в равной степени может происходить по вине любого из элементов системы. Наиболее опасны ДТП с участием пешеходов. Большее количество дорожно-транспортных происшествий, произошедших по их вине, возникает при пересечении пешеходами проезжей части вне зоны пешеходного перехода (регулируемого или нерегулируемого), выходе на проезжую часть, не оценив дорожной обстановки, а так же при движении по краю городской улицы или автомобильной дороги в темное время суток. Исход таких необоснованных действий часто заканчивается наездом с тяжелым вредом здоровью. В настоящее время аварийность с участием пешеходов в городском округе г. Воронеж остается на высоком уровне и с каждым годом не становится существенно меньше.

Сравнительный анализ происшествий с участием пешеходов за 2017-2018 годы представлен на рис. 1, 2, 3 и 4.

Как видно из рис. 1, 2, 3 и 4, по Воронежской области большее количество наездов на пешехода, происходит по вине водителей транспортных средств (ТС) и по сравнению с предыдущим 2017 г. общее количество наездов снижается незначительно.

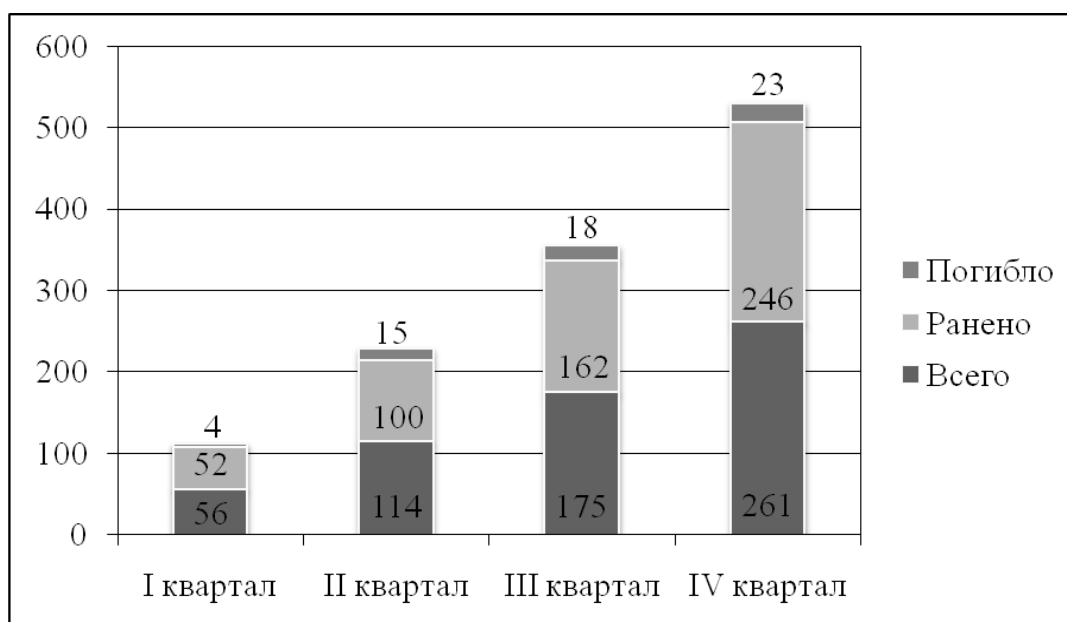


Рис. 1. Количество ДТП с участием пешеходов по вине водителя за 2017 г.

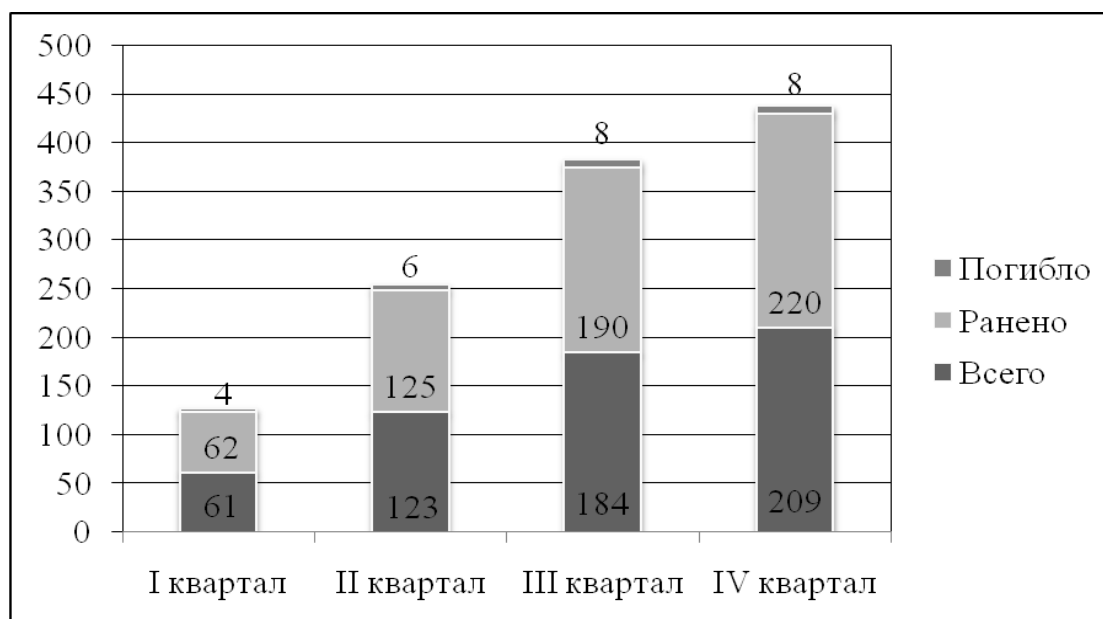


Рис. 2. Количество ДТП с участием пешеходов по вине водителя за 2018 г.

Так, по вине водителей в 2017 г. было совершено 606 происшествий, в которых 560 человек получили ранения различной степени тяжести и 60 человек погибло. В 2018 г. общее количество происшествий с участием пешеходов по вине водителей составило 577 (- 4,7 %), в которых 597 (+ 4,8 %) пострадавших были ранены, а 26 (- 57 %) человек погибло [3].

Если же проводить анализ дорожно-транспортных происшествий за эти два года с участием пешеходов и по их вине, можно сделать вывод, что большой разницы в динамике снижения или роста этих происшествий не

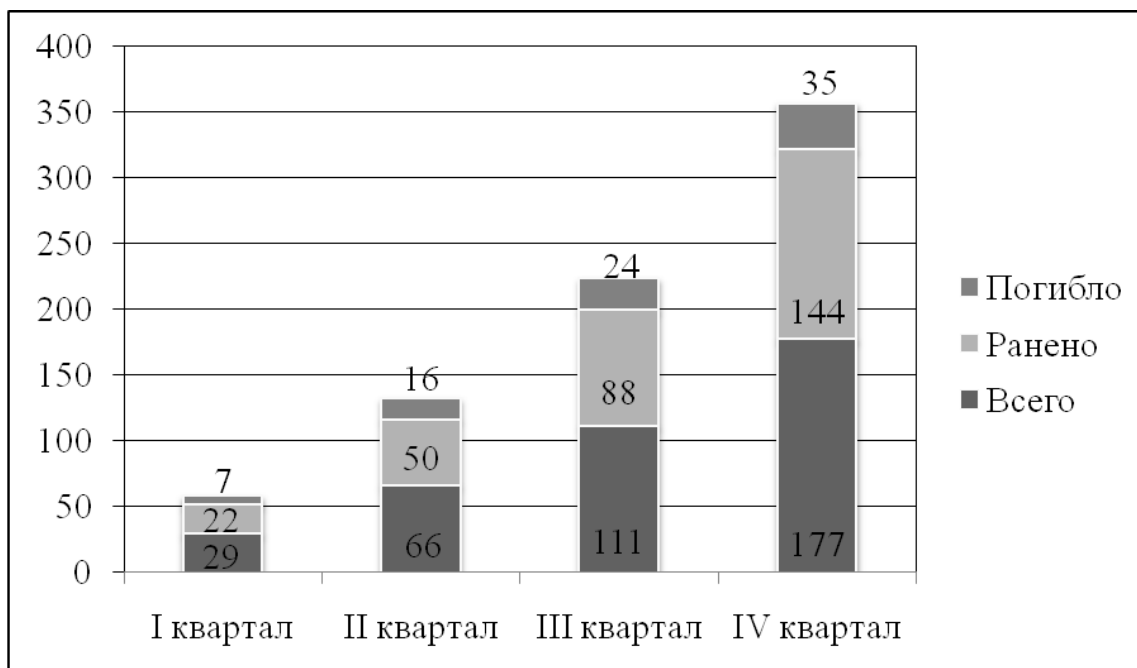


Рис. 3. Количество ДТП по вине пешехода и с участием пешеходов за 2017 г.

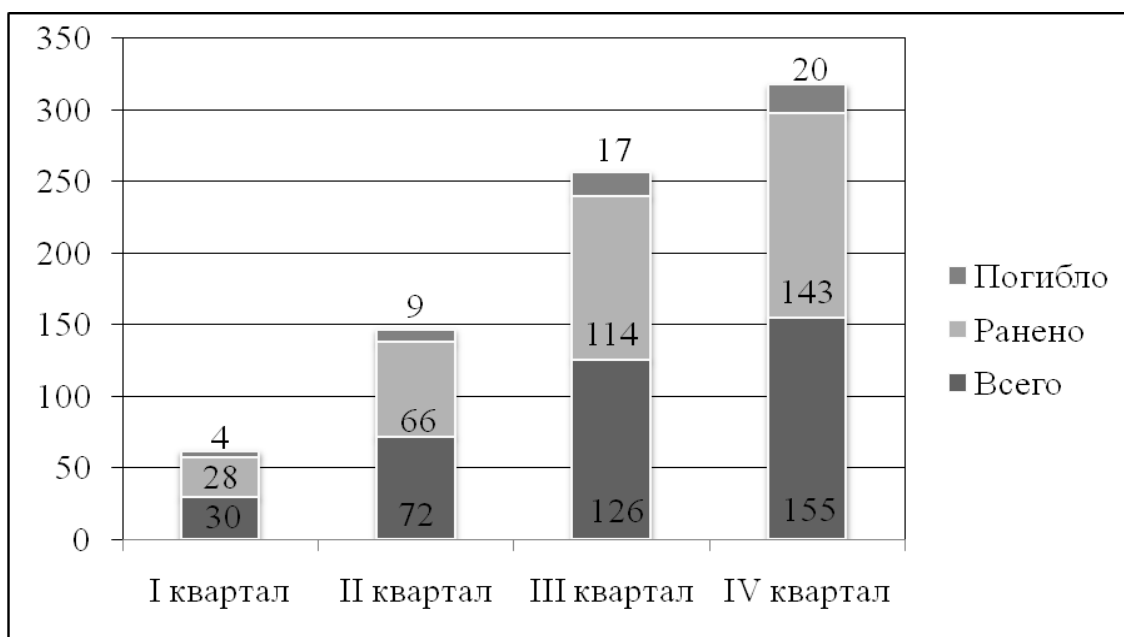


Рис. 4. Количество ДТП по вине пешехода и с участием пешеходов за 2018 г.

наблюдается, так как в 2017 и 2018 годах было совершено по 383 ДТП (2017 г. – погибло 82 человека, 304 было ранено; 2018 г. – 50 человек погибло (- 39 %), 351 ранено (+ 15,5 %) [3]. Если сравнивать эти два показателя по годам, видно, что количество происшествий с наездом на пешехода произошедших по вине водителя практически в 2 раза больше, чем по вине пешехода.

Следовательно, тенденция снижения наездов по вине пешеходов имеет больший рост, однако необходимы мероприятия и по их дальнейшему снижению [4].

Безопасность на улично-дорожной сети города непосредственно зависит от действий и водителей ТС и пешеходов. И пешеходы, и водители часто не учитывают факт внезапного появления источника опасности из-за поворота или препятствия: пешеходы переходят проезжую часть, не убедившись в безопасности движения, считая при этом, что они всегда правы [2], водители не учитывают длину остановочного пути своего ТС при различных состояниях среды движения.

Это связано с тем, что водители, увлекаясь манерой своего вождения, не замечают пешеходные переходы, отвлекаются на наружную рекламу, не замечают на проезжей части и так, частично стертую дорожную разметку [1].

Для снижения риска стать участником ДТП пешеходам необходимо четко знать и выполнять Правила дорожного движения РФ, проявлять на проезжей части особую бдительность к состоянию всех элементов системы ВАДС [5,6].

Список литературы

1. Денисов, Г.А. Об исследовании наезда на пешехода в темное время суток / Г.А. Денисов, В.А. Зеликов, Н.И. Злобина; Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования: сборник научных трудов по материалам ежегодных конф. / отв. ред. А. И. Новиков ; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова. Воронеж, 2016. Т. 3, вып. 1 (4). С. 228-231.

2. Злобина, Н.И. Пути повышения эффективности исследования наезда автомобиля на пешехода [Текст] / Н.И. Злобина // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-15 декабря 2015 г. В 2 т. Т. 1. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. С. 231-234.

3. Основные показатели аварийности и их динамика. Госавтоинспекция МВД России по Воронежской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru>. Загл. с экрана.

4. Злобина, Н.И. Повышение эффективности исследования наезда на пешехода / Злобина Н.И., Денисов Г.А. // Перспективы науки - 2016: материалы 3 Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ, Казань, 29 апреля 2016 г. / науч. ред. А. В. Гумеров. Казань: ООО "Рокета Союз", 2016. Т. 3. Естественные и технические науки. С. 280-283.

5. Денисов, Г.А. Повышение эффективности проведения экспертизы наезда на пешехода в условиях ограниченной видимости [Текст] / Г.А. Денисов, В.П. Белокуров, Н.И. Злобина // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения: материалы 9 международной заочной научно-технической конференции, 15 апреля 2015 г., Пенза / под общ. ред. Э.Р. Домке. Пенза: ПГУАС, 20С. 84-88.

6. Денисов, Г.А. О повышении безопасности движения в зоне действия знаков «Пешеходный переход» и «Зебра» / Г.А. Денисов, Ю.В. Струков, Н.И. Злобина // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 8 (254). С. 24-26.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИКИ К ДЛИТЕЛЬНОМУ ХРАНЕНИЮ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Зубанов, А.Н. Шмидт, Р.Р. Тупенов, А.С. Союнов

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина

Аннотация. В современном сельском хозяйстве подготовка техники к постановке на хранение недооценено по важности, хотя от неё напрямую зависит техническое состояние эксплуатируемой техники. Большое количество сельскохозяйственных предприятий не правильно организывает хранение техники в зимний период, причины для этого могут быть различные (отсутствие специалистов, ангаров для хранения и т.д.). Поэтому необходимо выполнить анализ существующих методик и предложить наилучшую из них по длительному хранению техники.

Ключевые слова: *подготовка к хранению, хранение техники, техническое обслуживание.*

CHARACTERISTICS AND PREPARATION OF EQUIPMENT FOR LONG-TERM STORAGE IN THE OMSK REGION

A.A. Zubanov, A.N. Shmidt, R.R. Tupenov, A.S. Soyunov

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin

Annotation. In modern agriculture, the preparation of equipment for storage is underestimated in importance, although the technical condition of the operated equipment directly depends on it. A large number of agricultural enterprises do not properly organize the storage of equipment in the winter, the reasons for this may be different (lack of specialists, hangars for storage, etc.). Therefore, it is necessary to analyze existing techniques and offer the best of them for long-term storage of equipment.

Keywords: *storage preparation, equipment storage, maintenance.*

Одними из наиболее распространенных операций технического обслуживания машин при подготовке к длительному хранению являются:

- очистка и мойка машин;
- доставка машин на закрепленные места хранения;
- снятие с машин и подготовка к хранению составных частей, подлежащих хранению в специально оборудованных складах;
- герметизация отверстий (после снятия составных частей), щелей, полостей от проникновения влаги, пыли;
- консервация машин, составных частей (или восстановление поврежденного лакокрасочного покрытия);
- установка машин на подставки (подкладки).

Непосредственно сразу после эксплуатации машины необходимо очищать от пыли, грязи, подтеков масла, растительных и других остатков, удобрений и ядохимикатов. Очистку машин от удобрений, ядохимикатов и нефтепродуктов необходимо производить на специальных участках, обеспечивающих нейтрализацию сточных вод. Составные части, которые нужно защитить от попадания влаги (генераторы, магнето пускового двигателя, реле и др.), закрываются защитными чехлами [1,2,3,4].

При постановке на длительное хранение машин на открытых площадках снимают, подготавливают к хранению и сдают на склад следующие составные части:

- электрооборудование (аккумуляторные батареи, генератор, фары и др.);
- втулочно - роликовые цепи;
- приводные ремни;
- составные части из резины, полимерных материалов и текстиля (шланги гидросистем, резиновые семяпроводы и трубопроводы, тенты, мягкие сиденья, полотняно-планчатые транспортеры и др.);
- стальные тросы;
- ножи режущих аппаратов;
- инструмент и приспособления.

В большинстве сельскохозяйственных предприятий при постановке на хранение используются следующие материалы:

- пленочные покрытия на водной или органической основе.
- микровосковые (покрытия) составы;
- мелоказеиновые составы
- консистентные смазки (солидол, литол и др.).

При консервации на 2-3 года применяют АКОР-1 и АКОР-2. Присадки для консервации двигателя, коробки передач, редукторов берутся в 5% соотношении от объема масла, которые при использовании разогреваются до 45 °С, вливаются в картер и двигатель запускается на период времени 15-20 минут. При расконсервации двигатель работает 2-3 часа работы, после чего производят замену масла.

Материально техническая база хранения на машинном дворе - это комплекс сооружений предназначенных для сборки и регулировки машин, длительного хранения техники, комплектования МТА и стоянки временно неработающих машин [5,6,7].

Согласно нормативной документации в материально-техническую базу хранения техники должны входить:

- Закрытые помещения, навесы и открытые площадки для хранения техники;
- Площадки для сбора регулировки и комплектования МТА;
- Площадки для хранения составных частей снимаемых с машин;
- Площадки для списанных машин и машин, подлежащих списанию;
- Ограждения;
- Пост очистки и мойки машин с обязательным обратным водоснабжением, или оборудованный очистными сооружениями;
- Пост для нанесения антикоррозионных покрытий;
- Грузоподъемное оборудование, опоры, стеллажи, подставки;
- Противопожарное оборудование и инвентарь;
- Освещение;
- Помещение для служб машинного двора (заведующий и слесари) [8,9].

В процессе эксплуатации почвообрабатывающих и посевных машин, комбайнов покрытия их рабочих органов быстро истираются при контакте с

почвой и растительной массой. Так как большая часть рабочих органов изготовлена из углеродистых сталей, то по окончании полевого сезона их открытые металлические поверхности подвержены воздействию агрессивных факторов окружающей среды. Процесс коррозии развивается постепенно, его отрицательные последствия смещены во времени на несколько лет вперед и проявляют себя косвенным образом. Из-за коррозии происходит снижение прочности деталей, увеличение силовых нагрузок на них в процессе эксплуатации. В результате происходит деформация и частичное разрушение конструктивных элементов сельхозмашин, которые устраняются путем проведения сварочных работ. Сохранить параметры работоспособного состояния сельскохозяйственной техники в межсезонный период возможно только при её своевременной и качественной консервации [10].

По сведениям органов управления АПК Омской области за 2017 год сельхозтоваропроизводителями региона приобретено около 1500 единиц сельхозтехники и оборудования на сумму 5 млрд. рублей, что на 30% превышает показатели за 2016 года. Из них приобретено более 150 зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, около 250 тракторов и посевных комплексов. По программе «1432» аграрии приобрели 121 зерноуборочный комбайн, 16 кормоуборочных комбайнов, 47 тракторов и 38 посевных комплексов. Но по некоторым причинам не вся эта техника получит достаточно качественную и профессиональную подготовку к длительному хранению.

Для выполнения работ по консервации техники сельскохозяйственные предприятия должны иметь подходящие к природно-климатическим условиям средства противокоррозионной защиты: технологическое оборудование и консервационные материалы. По причине достаточно высокой стоимости промышленных консервационных материалов большая часть предприятий халатно относится к подготовке процесса хранения техники. Обработка металлических поверхностей машин сельскохозяйственного назначения по-прежнему проводится отработанными моторными маслами и бензино-битумными составами, которые не дают полноценной противокоррозионной защиты на длительный срок хранения техники. Разработка новых дешевых по себестоимости, но не уступающим по своим свойствам консервационных материалов, для нашей климатической зоны является актуальным и перспективным направлением, благодаря которому можно будет сохранить эксплуатационные свойства сельскохозяйственной техники в период длительного хранения.

Список литературы

1. Головин А.Ю. Механизация растениеводства / А.Ю. Головин, Е.В. Демчук, П.В. Чупин, О.В. Мяло, В.В. Мяло, А.С. Союнов // Учебное пособие, ч.1 . Изд-во: Омский ГАУ. – 2017. – 198 с.
2. Чекусов М.С. Машины и оборудование в растениеводстве / М.С. Чекусов, Д.А. Голованов, Е.В. Демчук, И.Д. Кобяков, А.С. Союнов, В.С.

Коваль, А.Ю. Головин, С.П. Прокопов // Учебное пособие, изд-во: Омский ГАУ. – 2017. – 400 с.

3. Демчук Е.В. Машины и оборудование в растениеводстве / Е.В. Демчук, А.А. Кем, П.В. Чупин, А.В. Зильбернагель, А.С. Союнов, А.Ю. Головин // Учебное пособие, изд-во: Омский ГАУ. – 2013. – 192 с.

4. Соломкин А.П. Определение загрузки службы технического обслуживания МТП в сельском хозяйстве / А.П. Соломкин, О.В. Мяло, С.П. Прокопов // Региональная научно-практическая конференция «Перспективы технического сервиса для предприятий АПК». 2013. – С. 68-77.

5. Соломкин А.П. Формирование системы технического обслуживания машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве в современных условиях / А.П. Соломкин, Н.И. Мошкин, О.В. Мяло, С.П. Прокопов // Изд-во: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. – Улан-Удэ. – 2013. - № 5(44). – С. 54-60.

6. Мяло О.В. Перспективы развития системы технического сервиса машин в агропромышленной комплексе на примере Омской области / О.В. Мяло, В.В. Мяло, С.П. Прокопов // Материалы Международной научно-технической конференции «Научно-техническое обеспечение АПК Сибири», Краснообск. – 2017. – С.338-343.

7. Прокопов С.П. Формирование службы технического обслуживания тракторов / С.П. Прокопов // Сборник материалов Национальной научно-практической конференции «Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития», Омск. – 2017. – С. 97-100.

8. Прокопов С.П. Методы и формы организации технического обслуживания машинно-тракторного парка / С.П. Прокопов, К.Д. Журавлев, А.В. Кудрявцев // СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XXIII НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ФГБОУ ВО ОМСКИЙ ГАУ, изд-во: Омский ГАУ. – Омск. – 2017. – С. 80-86.

9. Мяло О.В. Теоретическое обоснование системы технического обслуживания машинно-тракторного парка на примере сельскохозяйственных предприятий Омской области / О.В. Мяло, В.В. Мяло, С.П. Прокопов // Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в машиностроении», изд-во: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск. – 2018. – С. 276-282.

10. Таха Ф.Д. Твердо-пленочные битумные составы для защиты сельхозмашин от коррозии / Ф.Д. Таха, А.И. Петрашев, Е.Г. Кузнецова // Наука в центральной России. Изд-во: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве", Тамбов. - №2 (20). – 2016. – С. 50-58.

АНАЛИЗ ИНДУКЦИОННЫХ МЕТОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАВИГАЦИИ

А.Т. Калюжный, В.С. Мальцев, Р.М. Мамонтов
Новосибирский государственный аграрный университет

Аннотация. Приводятся обоснование рациональных методов формирования сигналов траекторного рассогласования, позволяющих с максимальной точностью и незначительными эксплуатационными издержками определять местоположение автоматических сельскохозяйственных машин и машинно-тракторных агрегатов.

Ключевые слова: *сельскохозяйственная навигация, местоопределение тракторных агрегатов, плановая траектория.*

ANALYSIS OF INDUCTION METHODS AGRICULTURAL NAVIGATION

A.T. Kalyuzhny, S.V. Maltsev, R.D. Mamontov
Novosibirsk state agrarian University

Annotation. The substantiation of rational methods of formation of signals of trajectory misalignment, allowing with maximum accuracy and low operating costs to determine the location of automatic agricultural machinery and tractor units.

Keywords: *agriculture navigation, positioning tractor units, the planned trajectory.*

Роботизация самоходных сельскохозяйственных машин и машинно-тракторных агрегатов (МТА) требует автоматизации управления их движением. Что является предметом сельскохозяйственной навигации и предполагает решение трех основных задач:

1. Программирование предстоящей пространственно-временной траектории движения.
2. Контроль параметров и исполнения программы движения.
3. Задание движения МТА.

Параметрами движения являются координаты места нахождения МТА, величина и направление вектора скорости, пространственная ориентация осей трактора или иной самоходной машины, линейные и угловые скорости и ускорения, и др.

Главной навигационной задачей является определение координат места нахождения МТА. Важность главной задачи столь значительна, что её решение относят к «навигации» в узком значении термина, которую классифицируют по виду используемых физических явлений на радионавигацию, инерциальную, светотехническую, телевизионную, электромеханическую, индукционную и т.д.

Индукционные устройства выгодно отличаются от остальных высокой точностью, универсальностью, автономностью, долговременной стабильностью траекторий, низкой стоимостью и большими функциональными возможностями. Однако фактические результаты экспериментальных исследований прошлого столетия не подтвердили ожидаемых результатов, что дало повод для сомнений и неверия в перспективность индукционных устройств местоопределения МТА.

Показательным является опыт Редингского университета (Англия) [1], ученые которого более 10 лет создавали индукционную систему автовождения «Auto-track» для выполнения полевых работ без участия человека. Трактор MF-165, оборудованный такой системой, демонстрировался в 1969 г на выставке в г. Стенлее. Сообщалось, что серийное производство систем начнется в 1972 году. Однако производство систем не состоялось, что дало повод для сомнений и неверия в возможности явления магнитной индукции для программирования плановых и определения фактических траекторий МТА.

Анализ позволил определить действительные параметры системы Auto-track и подтвердить большие потенциальные возможности индукционной сельскохозяйственной навигации.

В Auto-track применялся амплитудно-фазный метод местоопределения трактора по проекции вектора напряженности на вертикаль [1]:

$$\delta = H_z = \frac{I}{2\pi} \frac{y}{z^2 + y^2} = K \frac{y}{z^2 + y^2}, \quad (1)$$

где δ – сигнал траекторного рассогласования, характеризующий отклонение МТА от требуемой траектории;

$H_z = I/(2\pi r)$ – проекция вектора напряженности магнитного поля на вертикальную ось OZ, А/м;

r – расстояние между проводом и индукционным преобразователем (ИП) устройства местоопределения (УМО) МТА, м;

I – ток провода, А;

y и z – боковая и вертикальная координаты ИП в прямоугольной системе OXYZ, ось OX которой совмещена с проводом, а ось OZ направлена вертикально.

Согласно (1), сигнал рассогласования δ отсутствует при $y = 0$. Это условие соблюдается, если магнитное поле создается током одиночного провода, а в качестве обратного проводника используется земля. Но в системе Auto-track магнитное поле создавалось током петли шириной $B = 22$ м, поэтому ИП измерял проекцию H_z вектора напряженности суммарного магнитного поля, создаваемого током всех сторон петли.

Вдали от поворотных полос магнитным полем поперечных сторон петли можно пренебречь. Тогда для суммарного магнитного поля прямого и обратного токов длинных сторон петли справедливо [2]:

$$H_{z\Sigma} = K \frac{y}{y^2 + z^2} + K \frac{y - B}{(y - B)^2 + z^2}. \quad (2)$$

Плановая траектория МТА программируется в плоскости перемещения ИП геометрическим место точек, для которых соблюдается условие $\delta = H_{z\Sigma} = 0$. Поэтому, приравняв правую часть (2) к нулю, после преобразований получим зависимость бокового смещения плановой траектории МТА относительно рабочего провода от ширины петли и высоты z ИП относительно плоскости петли:

$$y = \frac{B}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + z^2}.$$

Глубина укладки проводов $\approx 0,6$ м, высота ИП над земной поверхностью $\approx 0,5$ м, поэтому $z \approx 1,1$ м. При $B = 22$ м плановая траектория смещается магнитным полем обратного тока наружу петли на $y \approx 0,055$ м. Увеличение координаты z до 1,5 м увеличит смещение до 0,1 м.

Таким образом, в системе Auto-track ИП перемещается не точно над проводом, а со смещением наружу петли на расстояние y , величина которого зависит от высоты ИП над земной поверхностью.

При постоянном шаге укладки проводов 5,5 м и ширине петли $B = 22$ м одна загонка шириной 44 м состояла из 4-х петель, рис.1.

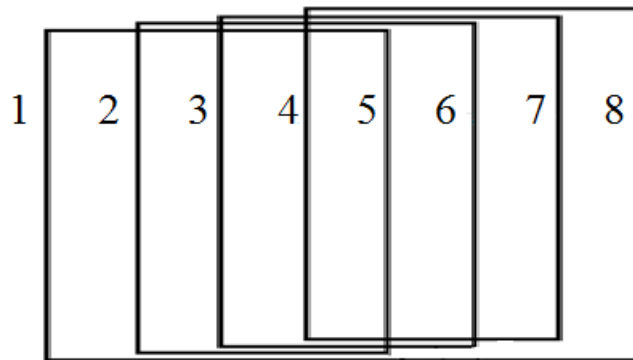


Рис.1. Схема укладки проводов индуктора Auto-track

Вследствие влияния магнитных полей обратных токов плановые траектории смещены влево на 5,5 см относительно проводов 1...4 и вправо относительно проводов 5...8. Поэтому расстояния между плановыми траекториями равны 5,39, 5,5 и 5,61 м, что совершенно недопустимо и могло стать главным препятствием для серийного производства систем в Auto-track.

Для обеспечения высокой точности автовождения индукционными методами необходимо совмещать плановые траектории МТА с рабочими проводами навигационных индукторов. Эта задача может быть решена несколькими способами.

Плановая траектория ИП программируется вертикальной поверхностью, для всех точек которой справедливо $H_{\Sigma} = 0$. А плановая траектория МТА дополнительно программируется величиной бокового смещения МТА относительно продольной оси трактора, для чего в системе Auto-track ИП размещался на подвижной тележке, перемещаемой вдоль поперечного бруса соответствующей длины. Поэтому для обеспечения высокой стабильности расстояний между фактическими траекториями МТА положение подвижной тележки можно корректировать с учетом вычисляемого бокового смещения ИП относительно рабочих проводов.

Влияние магнитного поля обратного тока на симметричность магнитного поля рабочего тока можно устранить, разделив обратный ток на поворотной полосе на две равные части, и направив их к источнику тока, как показано на рис.2 [3]. В данном случае вертикальные составляющие магнитных полей, создаваемых токами крайних проводов, внутри петли направлены встречно и компенсируют друг друга. В результате над средним проводом проекция $H_{z\Sigma} = 0$, что обеспечивает совпадение плановой траектории ИП со средним проводом.



Рис.2. Индуктор «двойная петля»

Индуктор типа «двойной петли» можно получить коммутацией проводов «многолучевой звезды», рис.3, подключая к источнику тока рабочий и два смежных обратных провода. Так, при замыкании ключей проводов 2, 3, 4 рабочим является провод 3, а провода 2 и 4 – обратными. Размыкание ключа 2 и замыкание ключа 5 превращает провод 4 в рабочий, а провод 3 – в обратный; такая коммутация должна быть синхронизирована с выходом МТА на поворотную полосу, что требует наличия канала связи между МТА и коммутаторами проводов.

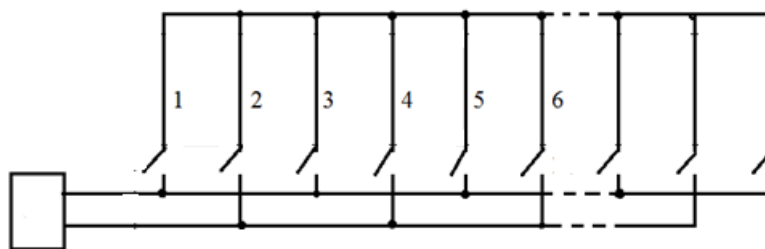


Рис. 3. Индуктор «многолучевая звезда»

Влияние магнитного поля обратного тока на плановую траекторию ИП можно устранить дифференциальным методом. Для чего сигнал траекторного рассогласования следует формировать по разности двух значений $H_{z\Sigma}$, измеренных при одинаковом значении координаты y и разных значениях координаты z [4].

Смещение МТА относительно проводов при помощи поперечного бруса с подвижной тележкой ограничивает расстояние между проводами и усложняет конструкцию индукционного устройства местоопределения МТА. От этого недостатка свободны дальномерные амплитудно-компенсационный и

импульсно-фазовый методы местоопределения, которые используют в качестве программ перемещения ИП равносигнальные поверхности модуля или фазы напряженности магнитного поля. Пересекаясь с горизонтальной плоскостью, в которой перемещается ИП, они образуют «равносигнальные линии» и линии равных фаз – изофазы.

Алгоритм местоопределения амплитудно-компенсационным методом:

$$\delta = H - H_0,$$

где $H_0 = \text{const}$ – компенсационный сигнал, программирующий фактическую траекторию МТА.

Для магнитного поля одиночного провода равносигнальные поверхности модуля вектора напряженности $H = \text{const}$ образуют цилиндры, соосные с проводом. При $r \equiv 1/H = \text{const}$ боковое смещение y зависит от координаты z :

$$y = \sqrt{r^2 - z^2}.$$

Для двух цилиндров с радиусами r_1 и r_2 при $z = \text{const}$ справедливо:

$$y_1^2 - y_2^2 = r_1^2 - r_2^2.$$

Поэтому приращение бокового смещения при изменении напряженности превышает приращение радиуса равносигнального цилиндра:

$$\Delta y = \Delta r \frac{r_1 + r_2}{y_1 + y_2}.$$

Амплитудно-компенсационный метод применим и при создании магнитного поля током петли. Поле внутри петли более равномерное, чем снаружи, поэтому метод целесообразно применять для местоопределения МТА снаружи петли. Так, для местоопределения МТА между проводами 3 и 4 на рис.3 следует замкнуть ключи проводов 2 и 3 или 4 и 5.

Импульсно-фазовый метод местоопределения можно реализовать в квазиволновом магнитном поле, создаваемом двумя токами одной частоты, взаимно сдвинутыми по фазе, например, на 90 градусов [2]. Для создания такого поля требуется двухфазный индуктор, рис.3.

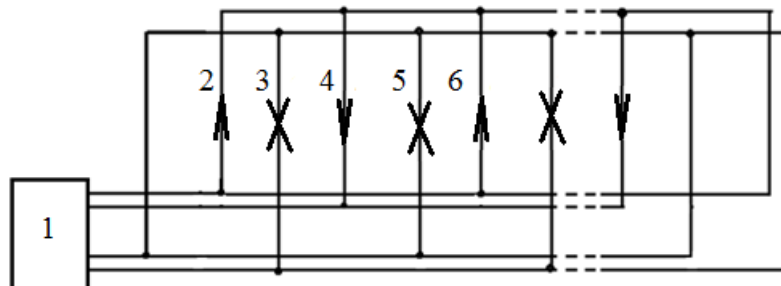


Рис.4. Двухфазный индуктор

Источник 1 переменного тока питает четные и нечетные провода индуктора токами одной частоты, взаимно сдвинутыми по фазе на 90 градусов.

Фаза результирующего магнитного поля зависит от расстояний точки наблюдения поля до проводов и может быть вычислена по известным параметрам индуктора и координатам точки наблюдения. Возможно и обратное - измеряя фазу суммарного магнитного поля и зная параметры индуктора, можно определить положение точки измерения относительно проводов.

Пусть расстояние между гоновыми проводами B , токи четных и нечетных проводов равны, фазовый сдвиг токов 90° , к источнику тока подключены провода 2, 3, 4, и 5 индуктора на рис.3. Совместив ось Ox системы координат с проводом 3 и пренебрегая конечной длиной проводов, для вертикальной составляющей суммарного поля между проводами 3 и 4 можно записать:

$$H_{z35} = \frac{I}{2\pi} \left(\frac{y}{y^2 + z^2} + \frac{2B - y}{(2B - y)^2 + z^2} \right);$$

$$H_{z24} = \frac{I}{2\pi} \left(\frac{B - y}{(B - y)^2 + z^2} + \frac{B + y}{(B + y)^2 + z^2} \right);$$

$$H_{z\Sigma} = \sqrt{H_{z35}^2 + H_{z24}^2}; \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{H_{z35}}{H_{z24}}.$$

На рис.5 показана зависимость фазового сдвига магнитного поля 2-х петель шириной 15 и 30 м; в первом случае напряженность измеряется между петлями (рис.3), а во втором - внутри перекрывающихся петель (рис.4). В обоих случаях расстояние между проводами 15 м, $z = 1,5$ м; фазовый сдвиг определяется по проекции вектора напряженности на вертикальную ось Oz .

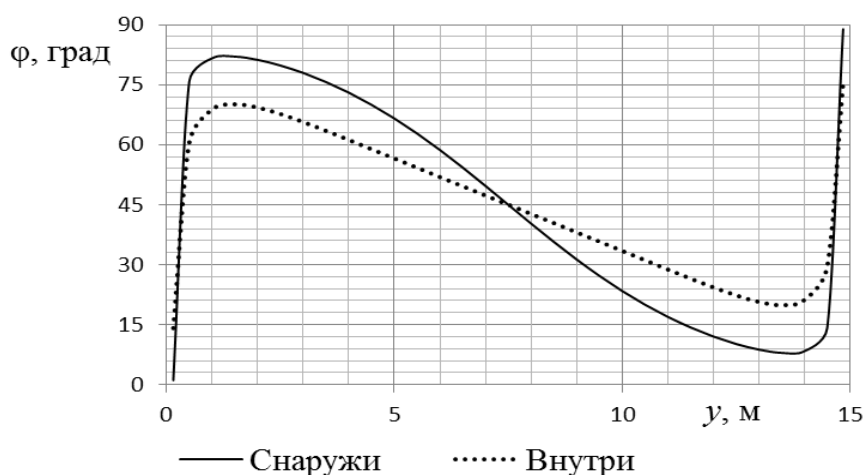


Рис. 5. Зависимость фазового сдвига от расстояния до проводов при $B = 15$ м, $z = 2$ м снаружи и внутри петель

Как видно, для перекрывающихся петель изменение координаты y на 2 м в диапазоне 2...13 м изменяет фазовый сдвиг на $\approx 10^\circ$. Изменению координаты y

на 0,01 м соответствует изменение фазы на 3', что при частоте тока 50 Гц соответствует изменению длительности импульса на 2,8 мкс.

Список литературы

1. Автоматическое и дистанционное управление промышленными тракторами. Обзор [Текст] – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш. 1972. 84 с.
2. Калюжный А.Т. Электронавигация сельскохозяйственная индукционная. Теория: монография [Текст] / А.Т. Калюжный; Новосиб.гос.аграр.ун-т.-Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2015. 176 с.
3. Пат. 2624213 РФ, МПК А01В69/04, Индуктор сельскохозяйственный навигационный [Текст] / Калюжный А.Т.; - № 2016117543. заявл. 04.05.2016.
4. Пат. 2670490 РФ, МПК А01В69/04, Индукционный способ определения места нахождения тракторных агрегатов и устройство его осуществления [Текст] / Калюжный А.Т. - № 2017133674. заявл. 27.09.2017.

БЕСПИЛОТНЫЕ АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА УРАЛ

В.А. Камерлохер, Р.В. Найман, О.В. Родионова, Т.В. Солонникова

Филиал в г. Миассе ФГАОУ ВО

«Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация. Причины ДТП для всех пользователей дорогой. Этапы развития беспилотных автомобилей и основные разработчики беспилотных автомобилей: традиционные производители автомобилей, крупные IT-компании и компании, стремящиеся заработать в новой для себя нише. Разработка движения в колонне БА - самое реальное на сегодняшний день для грузовых автомобилей. Использование беспилотных автомобилей в России. Беспилотники на базе различных колесных шасси будут гарантировано востребованы для использования МЧС и МО России для рискованных работ в опасных для жизни и здоровья человека местах. Наиболее востребованные системы безопасности БА. Предложения по необходимым компонентам автомобиля УРАЛ.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, препятствия, движения в колонне, видеокамеры, радары дальнего и ближнего действия, лазеры и GNSS приемники, системы безопасности БА.

UNLIMITED VEHICLES OF URAL's FAMILY

V.A. Kamerloher, R.V. Naiman, O.V. Rodionova, T.V. Solonnikova

Branch of FSAEI HE «South Ural State University (NRU)» in Miass

Abstract. Causes of accidents for all users of the road. Stages of development of Unmanned vehicles and the main developers of unmanned vehicles: traditional car manufacturers, large IT companies and companies seeking to earn in a new niche. The development of the movement in the convoy of Unmanned vehicles - the most real today for trucks. The use of unmanned vehicles in Russia. Unmanned vehicles based on various wheeled chassis will be guaranteed in demand for the use of the Ministry of emergency Situations and the Ministry of Defense of Russia for risky work in dangerous places for human life and health. The most popular security systems of Unmanned vehicles. Proposals on the necessary components of the car URAL.

Keywords: Unmanned vehicle, obstacles, movement in the convoy, video cameras, radars, long range and close range, lasers and GNSS receivers, security systems, Unmanned vehicles.

Введение

Беспилотный автомобиль – транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека.

Повышение автономности автомобилей начали рассматривать достаточно давно и первые исследования в этом направлении проводились в Японии в 70-е годы XX века. На сегодняшний день эта область продолжает развиваться, по всему миру идут активные разработки.

Технико-экономические выгоды от внедрения беспилотных автомобилей

- Минимизация пробок.
- Улучшение экономики использования транспортного средства.
- Отсутствие проблем с парковкой.

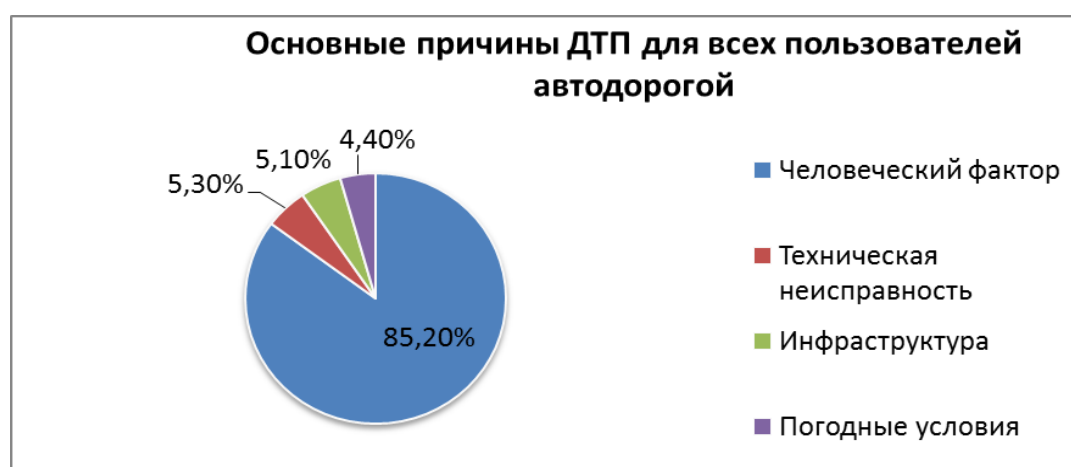


Рис.1. Снижение аварийности

Этапы развития Беспилотных автомобилей

- Частичный контроль за движением по прямой поверхности.
- Водитель позволяет автопилоту вести автомобиль, но не может отвлечься от контроля за «умной» техникой.
- Система ведет автомобиль до тех пор, пока она может справляться с трудностями и препятствиями.
- Полная передача управления на автоматику в наиболее часто встречающихся режимах.
- Автомобиль будет автономно двигаться без участия автолюбителя в любых условия [5].

Основными разработчиками беспилотных автомобилей являются:

Во-первых, традиционные производители автомобилей:

- Volvo.
- Daimler.
- ГАЗ.
- КАМАЗ.

Во-вторых, крупные IT-компании, которые видят новый для себя рынок:

- Apple.
- Google.

В третьих, компании, стремящиеся заработать в новой для себя нише. Эти компании и их решения будут приобретать автопроизводители и ИТ-компании:

- Bosch.
- TORC ROBOTICS.

В настоящий момент мировая автомобильная промышленность находится в самом начале второго уровня развития.

Американская оборонная корпорация создала автомобиль Terramax, система управления движением, которая строит трехмерные изображения ландшафта с помощью трех пар видеокамер [3].

Две самые близкие камеры используются на малой скорости и позволяют обнаруживать препятствия на расстояниях до 15 м. На большой скорости робот выбирает пару с наибольшим разнесением камер, чтобы сканировать дистанции от 15 до 50 м. Третья пара обеспечивает сканирование промежуточного расстояния между этими дистанциями.

Немецкий автопроизводитель Daimler продемонстрировал колонну из трёх самоуправляемых грузовиков Mercedes-Benz Actros.

Система автопилотирования Daimler носит имя HighwayPilot. Комплекс полагается на многочисленные датчики, радары, камеры и активные регуляторы скорости. При плохой погоде или отсутствии дорожной разметки электроника звуковыми и световыми сигналами просит водителя взять управления на себя, а если тот не делает это, то машина останавливается автоматически.

Для обеспечения движения в колонне задействована специально доработанная система автопилотирования — HighwayPilotConnect.

Она позволяет идущим друг за другом грузовикам обмениваться данными о текущей ситуации посредством беспроводной связи. Вся система обеспечивает высокую эффективность и мгновенную реакцию, поскольку движущиеся сзади грузовики всегда осведомлены о состоянии и действиях головного длинномера.

Daimler утверждает, что HighwayPilotConnect позволяет грузовикам двигаться на расстоянии всего в 15 метров друг от друга против 50 метров, обычно требующихся для фур, управляемых водителем. А это позволяет оптимизировать воздушный поток и, следовательно, снизить лобовое сопротивление для автомобилей, едущих за ведущим. Соответственно уменьшаются расход топлива и выбросы вредных газов в атмосферу [2].

Также разработкой движения в колонне занимаются Вольво и КамАЗ.

С 2012 г. Федеральное государственное унитарное предприятие «НАМИ» выполняет научно-исследовательскую работу по созданию самоуправляемых беспилотных АТС гражданского назначения. В рамках данного проекта разрабатывается макетный образец БА на базе автомобиля «Лада-Калина» с автоматической коробкой передач. В состав технического зрения входит набор видеокамер, радаров дальнего и ближнего действия, лазеры и GNSS приемники.

С помощью системы технического зрения БА по разрабатываемым алгоритмам и программному обеспечению анализирует обстановку вокруг себя на расстоянии до 200 м, распознает дорожную разметку, дорожные знаки, светофоры, определяет статические и динамические объекты. По записанному маршруту, а также с помощью системы GNSS, автомобиль уже может передвигаться вне дорог общего пользования из точки А в точку Б без участия водителя [1].

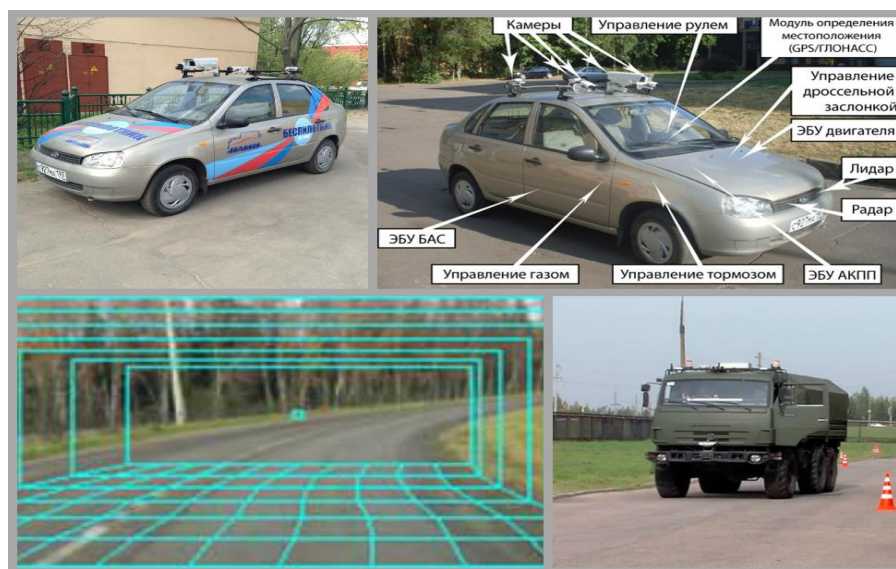


Рис. 2. Текущая ситуация в России

Беспилотный КАМАЗ уже прошёл два этапа полигонных испытаний в Татарстане и Московской области; он способен в автономном режиме совершать простейшие маневры, останавливаться перед препятствиями, двигаться в организованной колонне.

Российский проект по созданию беспилотного транспортного средства на базе КАМАЗ получил технологию, позволяющую автороботу видеть и понимать участников дорожной сцены так же, как человек [1].

Созданная технология Виртуальный тоннель позволяет автороботу в любой момент времени видеть в высоком разрешении лишь те элементы дорожной сцены (дорожное полотно, обочина, транспортные средства, знаки), которые нужны для анализа текущей ситуации.

В отличие от зарубежных разработчиков, ориентирующихся во многом на идеальные условия дорожного движения (качественную разметку, благоприятные погодные условия и т.д.), российский подход к системе машинного зрения позволяет распознавать дорожную сцену (в том числе границы дороги, ширину полос движения и т.д.) в отсутствии какой-либо разметки.

Использование беспилотных автомобилей в России

С учетом выгодного географического (трансевразийского) положения России перспективным является использование беспилотников отечественного производства и сети высокоскоростных роботизированных автомагистралей.

Ежегодная потребность в грузовых беспилотных автомобилях для удовлетворения внутреннего спроса оценивает более чем в 70 000 авто к 2035 году.

Основными потребителями грузовой и специальной беспилотной техники станут крупные промышленные предприятия, горнодобывающие, сельско- и лесохозяйственные предприятия.

Беспилотники на базе различных колесных шасси будут гарантированно востребованы для использования МЧС России для рискованных работ в опасных для жизни и здоровья человека местах.

Учитывая выше сказанное стоит задуматься о создании БА УРАЛ.

Рассмотрим системы помощи водителю, они являются первым шагом для создания БА [7].

Наиболее востребованные системы это:



Рис. 3. Системы безопасности БА

Компоненты, входящие в состав технического зрения БА и фирмы их разрабатывающие

Внутренние видеокамеры - Bosch, Sony.

LIDAR- Velodyne, Sick.

Радары - Бош и Орлако.

Датчик положения автомобиля.

Навигационной системы.

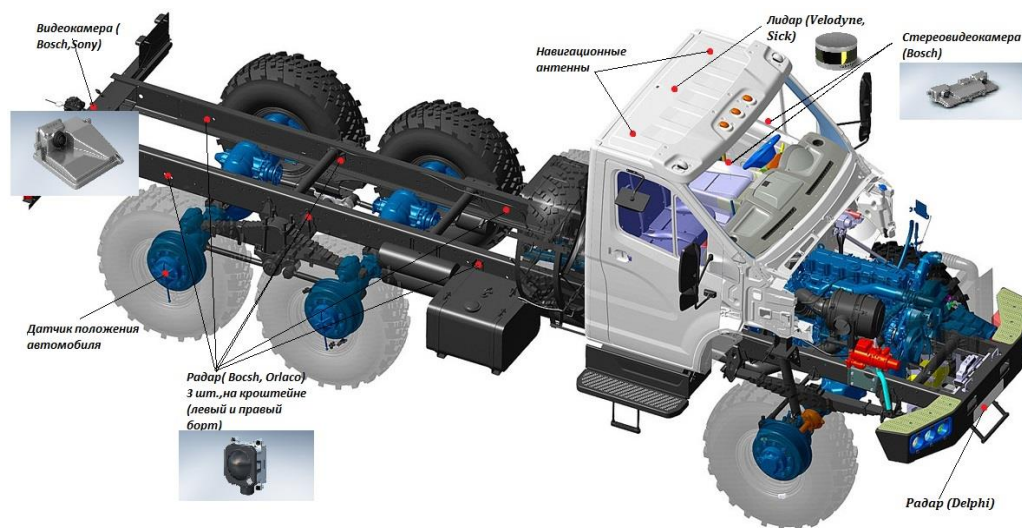


Рис. 4. Компоненты, входящие в состав технического зрения БА

Предложения по необходимым компонентам

Компания Бош крупнейший производитель систем электронного контроля устойчивости автомобиля, так же можно применить систему Вабко.

Для БА необходима автоматическая коробка передач. Многие передовые автоматические трансмиссии выпускаются Немецкой компанией ZF. Компания разработала одну из лучших коробок в мировой автопромышленности.

Раздаточная коробка также может быть компании ZF.

Необходимо разработать рулевой механизм, который будет соответствовать требованиям БА. С этим может помочь опять же компания Бош [4].

Для обработки данных и управления автомобилем необходим интегратор или Блок управления. Научно-конструкторское бюро вычислительных систем в городе Таганрог создает системы автоматического управления и прикладное ПО, которые можно применить на БА УРАЛ.

Подведем итог: На данный момент УРАЛ находится на нулевом уровне развития автоматизированных авто. Из всех систем помощи водителю у УРАЛа есть только: АБС, круиз-контроль и на некоторых модификациях автоматическая накачка шин. В этом плане Урал очень отстает от конкурентов.

Проблемы внедрения

БА уже много времени активно разрабатывается, но существует очень много не решенных проблем:

- Уровень "интеллектуальности".
- Этические проблемы Юридические.
- Отсутствие автополигонов.
- Незащищенность электронных систем.
- Отсутствие специальных дорог и 3D-карт существующих магистралей

[6].

Вывод:

Внедрение БА Урал позволит эффективно решать задачи повышения безопасности АТС, снижения расхода топлива, выброса вредных веществ,

парниковых газов в атмосфер. Использование БА УРАЛувеличит добычу сырья на предприятиях, исключив вынужденный труд человека во вредных для организма условиях. Создание беспилотных автомобилей на базе автомобилей УРАЛ,увеличит доходы предприятия, так как такой автомобиль востребован во многих отраслях промышленности нашей страны.

Появятся новые профессии:

Дизайнеры и разработчики автономных автомобилей и тракторов.Создатели новой инфраструктуры.Заводские рабочие для создания БА.Автомеханики.

Список литературы

1. ЖурналАвтомобильныхИнженеров №5.
2. <http://robotrends.ru>.
3. <http://hi-news.ru>.
4. <http://www.bosch-mobility-solutions.ru>.
5. Regulations Hinder Development of Driverless Cars — NYTimes.com.
6. <http://www.forbes.ru/tehnologii/346801-что-будет-когда-беспилотные-автомобили-будут-повсюду>.
7. А.М. Грошев, А.В. Тумасов. Материалы 94-й международной научно-технической конференции «Беспилотные транспортные средства. Настоящее и будущее», 2016.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.А. Коростелев

Липецкий государственный технический университет

Аннотация. в статье проведен анализ автоматизированных систем управления логистическими процессами на автотранспортных предприятиях малого, среднего и крупного бизнеса, обоснована необходимость внедрения данных систем.

Ключевые слова: *производственная логистика, автоматизированная система, оптимизация.*

OPTIMIZATION OF PRODUCTION PROCESSES MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES WITH HELP AUTOMATED LOGISTICS SYSTEMS

A.A. Korostelev

Lipetsk State Technical University

Summary: the article analyzes the automated systems for managing logistic processes in road transport enterprises of small, medium and large businesses, justifies the need to implement these systems.

Keywords: *production logistics, automated system, optimization.*

Современные рыночные условия ставят перед руководством предприятия

все новые и новые задачи поиска путей повышения эффективности производственного процесса. Ежегодно увеличивающаяся конкуренция требует четкой организации работы и быстрого взаимодействия между всеми структурами автотранспортного предприятия (АТП). Для успешного функционирования предприятия в постоянно изменяющихся условиях рынка необходимо совершенствовать механизмы управления, повышать качество предоставляемых услуг, проводить модернизацию оборудования и автоматизировать производство, в том числе путем внедрения автоматизированных систем управления логистическими процессами [1,2].

На сегодняшний день автоматизированные логистические системы (АЛС) позволяют оптимизировать целый ряд производственных процессов на предприятии и снизить стоимость продукции, в результате освобождения от затрат и издержек, связанных с логистикой. За счет автоматизации достигается значительная экономия временных и трудовых ресурсов, а также растет качество предоставляемых услуг.

С учетом области решаемых задач выделяют следующие виды логистики: закупочную, транспортную, сбытовую (распределительную), производственную, складскую. Решение логистических задач необходимо для оптимизации и повышения эффективности организации существующего производства. Ниже на рис. 1 цели предприятия и пути их достижения посредством решения логистических задач существующего производства.



Рис. 1. Цели предприятия и пути их достижения посредством решения логистических задач существующего производства

Наибольшее отражение в АЛС нашли закупочный, складской и транспортный процессы, так как они являются наиболее слабыми звеньями на производстве. Помимо этого, существуют технические риски, связанные с обслуживанием используемого транспорта, также существуют непрогнозируемые риски. Именно для предотвращения последних необходимо постоянно контролировать процесс транспортировки.

Организация внутрипроизводственной логистики позволяет

оптимизировать временные затраты на основные, транспортные и складские операции, обеспечить непрерывность производственного процесса, синхронизировать производственные циклы, сократить выпуск бракованной продукции. Все это в комплексе обеспечивает гибкость производства и позволяет реализовать работу предприятия в соответствии с существующим и прогнозируемым на рынке спросом. Вместе с тем специфика производственных процессов в каждой технологической цепочке определяет причины низкого уровня распространения соответствующих АЛС.

Основываясь на проведенном анализе автоматизированных логистических систем, можно с уверенностью сказать, что на данный момент на рынке существует множество разработок, направленных на автоматизацию технологических, логистических и организационных процессов предприятия. Примерами наиболее удачных автоматизированных логистических систем являются: «1С Форес: Автотранспорт», «ITOV: Центр логистики», «Департамент логистики», «АвтоПлан» для предприятий крупного бизнеса; для предприятий малого и среднего бизнеса оптимальным решением является «Умная логистика»; а небольшим АТП стоит обратить внимание на продукт компании «Nova Trans», который обладает наибольшим функционалом среди конкурентов.

Решения на основе автоматизации позволяют сократить время, упростить обработку информации, обеспечить удобство ее хранения и поиска необходимых данных в любой момент времени. Важно отметить, что выбор ПО не должен основываться лишь только на конечной стоимости внедрения автоматизированной системы, должны также учитываться личные предпочтения и нужды предприятия заказчика.

Автоматизация является неотъемлемым этапом для перехода на следующую ступень управления процессами предприятия - оптимизацию на основе применения современных методов. Использование методов оптимизации дает возможность формирования решения не только в текущей ситуации, но и в постоянно изменяющихся условиях, обеспечивает гибкое планирование, возможность быстрого принятия верных решений.

Внедрение автоматизированных систем управления на автотранспортных предприятиях предоставляет возможность использования единого программного обеспечения для автоматизации всех бизнес-процессов, а интеграция навигационных систем оказывает положительное влияние на оперативный учет показателей автотранспортной деятельности [4,5].

Список литературы

1. Коростелев А. А., Жилин И. В. Развитие применения информационных технологий на автомобильном транспорте // Тенденции развития современной науки. – 2017. – С. 558-560.
2. Коростелев А. А., Митюхин С. О. К вопросу применения информационных технологий на автотранспортных предприятиях // Исследование различных направлений современной науки. – 2018. – С. 40-41.
3. Рыжкова Н. Г., Аксенов К. А., Неволина А. Л. Анализ информационных

систем поддержки принятия решений в сфере логистики // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №6. – С. 4.

4. Корчагин В. А., Ризаева Ю. Н., Сухатерина С. Н. Управление цепями поставок сельскохозяйственных грузов на основе логистического подхода // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей. – 2017. – С. 144-148.

5. Корчагин В. А., Новиков А. Н., Ляпин С. А., Ризаева Ю. Н. Сложные саморазвивающиеся транспортные системы // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – №2 (53). – С. 110-116.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ЗАЦЕПЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКА С ВЕДУЩИМ КОЛЕСОМ НА НДС АРМАТУРЫ ПАЛЬЦА РМШ

С.А. Коростелев, А.Н. Дрючин

*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова*

Аннотация. В данной работе рассматриваются два способа двухвенцового зацепления гусеничного трака параллельного типа с ведущим колесом. Составной трак с пальцами РМШ соединены тремя скобами. В первом случае зацепление осуществляется через внешние скобы. Во втором варианте, зацепление осуществляется через звенья. Представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния арматуры пальца резинометаллического шарнирного соединения звеньев гусеничного движителя. Расчет выполнен для ведущего участка гусеничной цепи.

Ключевые слова: *гусеничный движитель, резинометаллический шарнир, напряженно-деформированное состояние.*

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECT OF THE METHOD OF ENGAGEMENT OF THE CRAWLER LINK WITH THE DRIVE WHEEL OF STRESS-STRAIN STATE OF A METAL ELEMENT OF A RUBBER-METAL JOINT

S.A. Korostelev, A.N. Dryuchin

Polzunov Altai State Technical University

Abstract. In this paper, we consider two methods of a two-tiered engagement of a parallel-type crawler track with a drive wheel. composite truck and fingers rubber-metal joint connected by three brackets. in the first case, the engagement is carried out through external brackets. in the second embodiment, the engagement is carried out through the links. the results of the calculation of the stress-strain state of the reinforcement of the rubber-metal joint links crawler propulsor are presented. the calculation is made for the leading section of the track chain.

Keywords: *caterpillar propulsion, rubber-metal joint, stress-strain state.*

В конструкциях современных гусеничных машин для соединения звеньев гусеничной цепи применяют резинометаллические шарниры (РМШ). Распространенной конструкцией данного шарнира является РМШ с силовыми резиновыми элементами. Угловое перемещение траков относительно друг друга в таком шарнире обеспечивается за счет деформации резиновых

элементов. Применение РМШ в гусеничном движителе позволяет значительно снизить динамические нагрузки, действующие на элементы гусеничного движителя и повысить его долговечность. Так же РМШ позволяет исключить попадание абразива на поверхности трения и снизить потери мощности [1].

На существующих гусеничных машинах применяются различные конструктивные исполнения РМШ, которые разделяются на два основных типа [2]: с последовательным расположением упругих элементов и с параллельным расположением. Кроме того, конструкция РМШ может иметь ограничитель радиальной деформации резиновых элементов, который предохраняет резиновые элементы от воздействия максимальных растягивающих усилий в гусеничной цепи [3,4,5].

С целью снижения давления на грунт и повышения проходимости гусеничных машин стремятся увеличить ширину гусеничной цепи. Для конструкции с параллельным вариантом РМШ это приводит к снижению жесткости и прочности пальцев РМШ [6]. Для снижения напряжений изгиба пальцев и повышения их жесткости применяют конструкции гусеничной цепи с расчлененным траком и центральной перемычкой, соединяющей пальцы параллельного РМШ (рис. 1). В такой конструкции, как правило, применяется двухвенцовое цевочное зацепление с передачей усилия от ведущего колеса на гусеничную цепь через внешние скобы.

С целью оценки влияния на напряженно-деформированное состояние арматуры пальца РМШ в настоящей статье рассматриваются два варианта двухвенцового зацепления гусеничной цепи срезинومتаллическим шарниром параллельного типа с расчлененным траком. В первом варианте, усилие от ведущего колеса передается на гусеничную цепь через внешние скобы (рис. 1,а). Во втором варианте усилие на ведущем участке передается через звенья цепи (рис. 1,б).

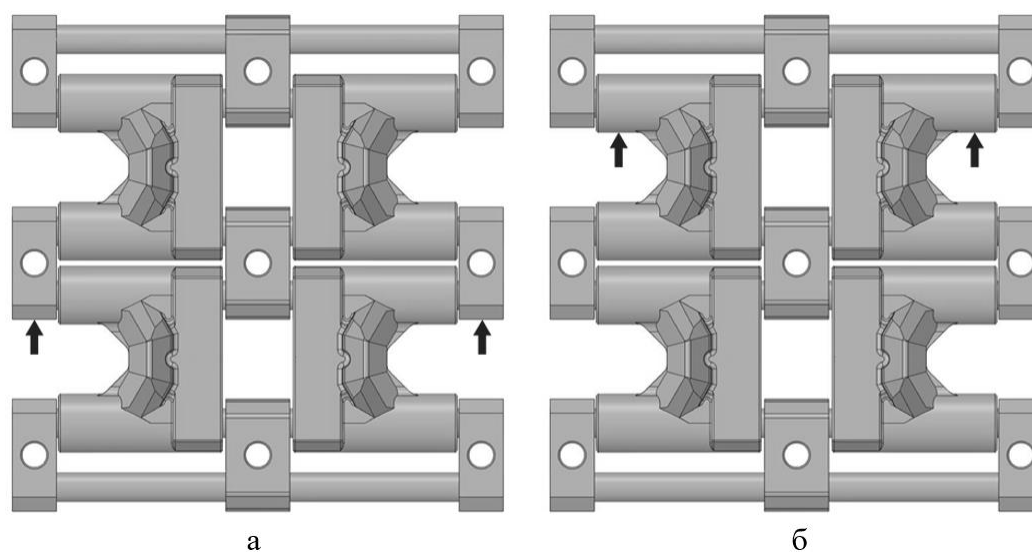


Рис. 1. Точки зацепления гусеничного трака с ведущим колесом:
а – двухвенцовое зацепление через внешние скобы;
б – двухвенцовое зацепление через звенья цепи

Сравнительная оценка напряженно-деформированного состояния(НДС) для рассматриваемых вариантов конструкции проводится по распределению поля эквивалентных напряжений, а именно по максимальным значениям в области концентрации.

Для обоих вариантов передачи усилия в зацеплении пальцы, расположенные в одной скобе, являются более нагруженными, поэтому оценка НДС выполняется именно для этих элементов.

Так как конструкция гусеничной цепи и нагрузки, для рассматриваемого расчетного режима, являются симметричными относительно продольной оси гусеничного полотна, то и поля распределения эквивалентных напряжений в арматуре пальца будут симметричны относительно плоскости, проходящей через центр тяжести пальца перпендикулярно оси вращения. Учитывая указанное свойство поля распределения напряжений, будем рассматривать только половину пальцев.

На рис. 2 представлено поле распределения эквивалентных напряжений по сечению пальцев в плоскости действия силы для конструкции ведущего колеса с двумя венцами с зацеплением по внешним скобам.

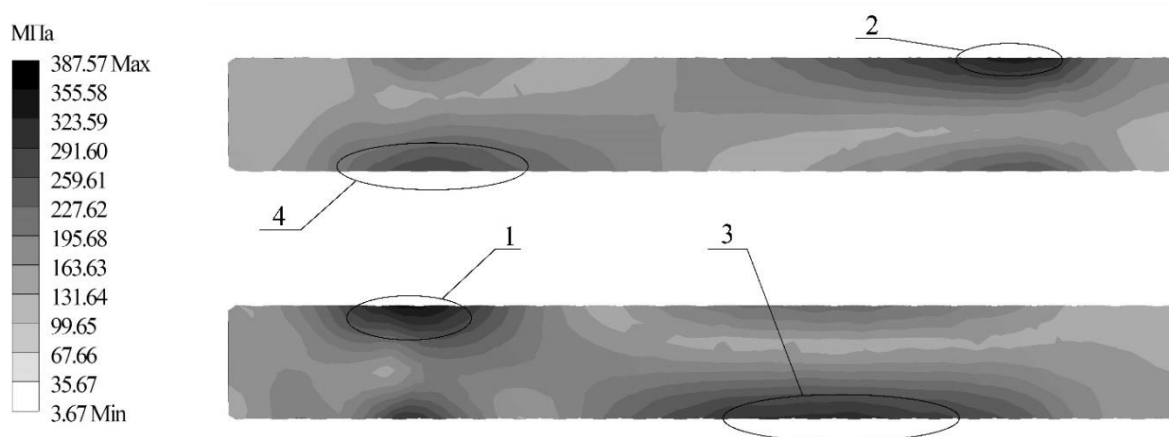


Рис. 2. Эквивалентные напряжения (МПа) в сечении пальцев (зацепление через внешние скобы)

В областях 1 и 2 материал пальца испытывает напряжения сжатия, а в областях 3 и 4 – напряжения растяжения. Центры областей концентрации 1 и 4 совпадают с торцами проушин смежных траков, расположенных со стороны внешней скобы. Максимальные эквивалентные напряжения концентрируются в области 1 и достигают 387 МПа. Центр области 2 совпадает с торцом проушины трака, расположенным со стороны внутренней скобы. Напряжение в этой области достигает 330 МПа. Область 3 располагается в центральной части проушины трака, что вызвано воздействием распределенной нагрузки на палец от проушины трака через резиновые элементы. В этой области эквивалентные напряжения составляют 260 МПа.

На рис.3 представлено поле распределения эквивалентных напряжений по сечению пальцев в плоскости действия силы для конструкции ведущего колеса с двумя венцами с зацеплением через звенья гусеничной цепи. Центры областей

эквивалентных напряжений 1 и 2 совпадают с торцами проушин смежных звеньев со стороны внешней и внутренней скоб соответственно. В нижней части области 1 значения эквивалентных напряжений составляют 290 МПа, в верхней 270 МПа. Максимальные значения напряжений концентрируются в верхней части области 2 и составляют 315 МПа. В нижней части области 2 эквивалентные напряжения составляют порядка 290 МПа. В областях 3 и 4 материал пальца испытывает напряжения сжатия, при этом эквивалентные напряжения достигают 240 МПа.

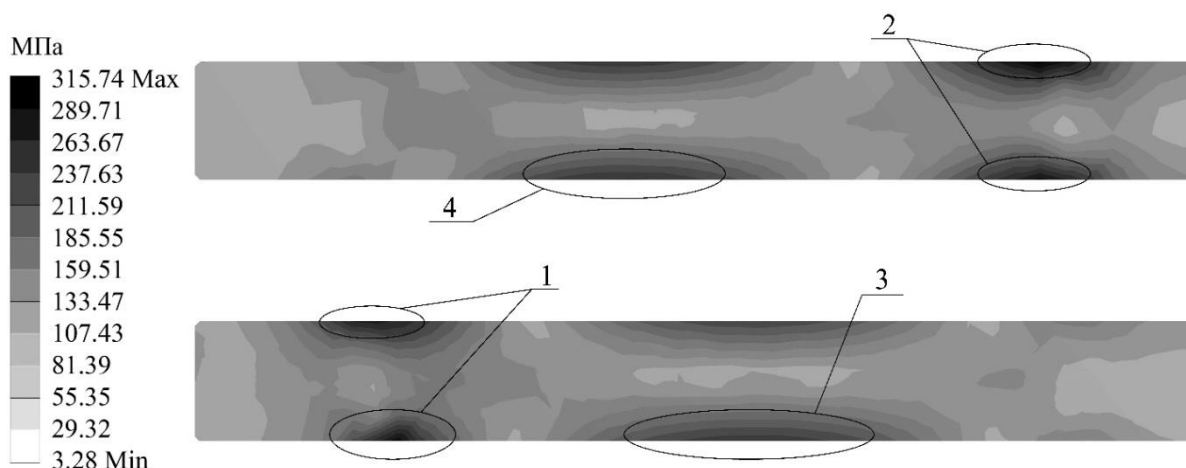


Рис. 3. Эквивалентные напряжения (МПа) в сечении пальцев (зацепление через звенья цепи)

Таким образом, для двухвенцового зацепления передача усилия через звенья гусеничной цепи позволяет в 1,23 раз снизить максимальные эквивалентные напряжения в арматуре пальца по сравнению с зацеплением при передаче усилия через внешние скобы для гусеничной цепи с параллельным РМШ с расчлененным трактом.

Список литературы

1. Перевозчиков, Ю.А. Оценка показателей эффективности и ресурса танковых гусеничных движителей/ Ю.А. Перевозчиков, А.С. Смирнов// *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире*. 2015. № 12-1. С.177-181.
2. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов/ В.М. Шарипов. – М.: Машиностроение, 2009. 752 с.
3. Коростелев, С.А. Оценка напряженно-деформированного состояния резинового элемента РМШ гусеничного движителя при сборке и кручении/ С.А. Коростелев // *Тракторы и сельхозмашины*. 2010. № 11. С. 26-29.
4. Коростелев, С.А. Влияние радиальной и осевой деформации резинового элемента РМШ гусеничного движителя на его напряженно-деформированное состояние / С.А. Коростелев // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012. Т14. №1(2).С.378-380.

5. Коростелев, С.А. Совершенствование конструкции ограничителя радиальной деформации РМШ гусеничного движителя / С.А. Коростелев // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 3. С. 41-43.

6. Коростелев С.А., Оценка НДС арматуры пальца РМШ параллельного типа с расчлененным трактом трелевочного трактора/ С.А. Коростелев, А.Н. Дрючин //Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень: ТИУ, 2018. С. 178-181.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗВЕНА ГУСЕНИЧНОЙ ЦЕПИ С РМШ

С.А. Коростелев, Н.В. Камарда, А.Н. Дрючин

*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова*

Аннотация. Представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния звена гусеничного движителя с резинометаллическим шарниром для двухвенцового зацепления. Распределение эквивалентных напряжений получены для выхода звена из-под последнего опорного катка, при работе на ведущем участке гусеничной цепи и для случая переезда гусеничной машины через единичное препятствие. Выявлены области концентрации эквивалентных напряжений.

Ключевые слова: *гусеничный движитель, трак, напряженно-деформированное состояние, эквивалентные напряжения.*

EVALUATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF TRACK CHAIN LINK OF A RUBBER-METAL JOINT

S.A. Korostelev, N.D. Kamarda, A.N. Dryuchin

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Abstract. The results of the calculation of the stress-strain state of a link of a caterpillar mover with a rubber-metal hinge for two-lead engagement are presented. The distribution of equivalent stresses is obtained for the output of the link from the last support roller, when working on the leading section of the track chain and for the case of moving the tracked vehicle through a single obstacle. The areas of equivalent stress concentration are revealed.

Keywords: *caterpillar propulsion, stress-strain state, equivalent stresses.*

Насовременных отечественных трелевочных тракторах и сельскохозяйственных машинах применяются, как правило, гусеничные движители с шарниром открытого типа для соединения звеньев цепи. Такое конструктивное решение не предъявляет высоких требований к точности изготовления звена, что позволяет обеспечить низкую себестоимость, но обладает рядом недостатков, которые приводят к низкой долговечности этой конструкции и высоким эксплуатационным расходам, особенно при работе на песчаных и супесчаных почвах. Наиболее рациональным решением, позволяющим повысить технико-экономические показатели гусеничного обвода и гусеничной машины в целом, является применение

резинометаллического шарнира для соединения звеньев гусеничной цепи, что позволяет исключить попадание абразива на поверхности трения шарнира, снизить динамические нагрузки и повысить КПД гусеничного движителя [1, 2, 3, 4]. Несмотря на указанные преимущества, применение РМШ приводит к увеличению себестоимости конструкции, а также к увеличению металлоёмкости. Если стоимостные затраты на производство гусеничной цепи с РМШ компенсируются за счёт более высокого КПД и снижения эксплуатационных расходов [3], то увеличение металлоёмкости приводит к возрастанию массы гусеничного обвода и машины в целом, оказывая негативное влияние как на тягово-динамические показатели, так и на уплотнение почвы.

Кроме указанных недостатков увеличение диаметра проушин, которое необходимо при применении РМШ, не позволяет для того же шага гусеницы при одновенцовом зацеплении выполнить центральную перемычку, соединяющую торцы двойных проушин (конструкция звена ТТ-4), что приводит к снижению жесткости звена и невозможности обеспечить требуемую прочность. С целью повышения прочности и жесткости звена гусеничной цепи рассматривается вариант конструкции гусеничного движителя с двухвенцовым цевочным зацеплением.

В настоящей работе проведен поиск конструктивных параметров звена гусеничной цепи с РМШ трелевочного трактора. Поиск осуществлялся на основе результатов расчета напряженно-деформированного состояния. В результате поиска получен вариант конструкции звена, обеспечивающий требования к прочности.

Во время движения гусеничной машины звено перемещается по периметру гусеничного обвода и подвергается воздействию динамических нагрузок [4, 5, 6, 7], величина которых обуславливается режимом движения гусеничной машины, наличием крюковой нагрузки, характеристиками поверхности пути, местом расположения звена на обводе. Наиболее опасными с точки зрения нагрузок, действующих на звено, являются три положения на гусеничном обводе.

Первое - это положение звена на опорной ветви во время переезда трактора через жесткое единичное препятствие [5, 8], когда весь его вес передается через два опорных катка и, соответственно, на звено действует сила равная половине веса трактора. В расчетной схеме (рис.1) грунтозацепы опираются на жесткую плоскость. Поскольку со стороны двойных проушин грунтозацепов у звена нет, то нагрузка от двойных проушин нагружаемого звена через резинометаллический шарнир передается на тройные проушины смежного звена, грунтозацепы которого находятся в контакте с жесткой опорной поверхностью. Такое конструктивное решение позволяет снизить динамические нагрузки на звено гусеничной цепи, но дополнительно нагружает РМШ. В расчетной схеме на часть поверхности отверстия двойных проушин, находящейся в контакте с поверхностью ограничителя наложены граничные условия, не позволяющие этой поверхности перемещаться только в вертикальном направлении. Сила от взаимодействия опорного катка и трака

действует на беговую дорожку звена. При поиске конструктивных параметров звена рассматривались расчетные схемы с различным положением точки приложения силы относительно осей проушин, и оценка прочности осуществлялась для наиболее опасного положения.

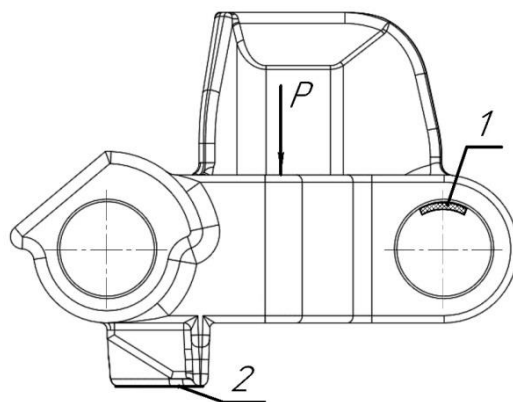


Рис. 1. Расчетная схема 1: 1-граничные условия на участок контакта РМШ с проушиной, 2-граничные условия на грунтозацепы

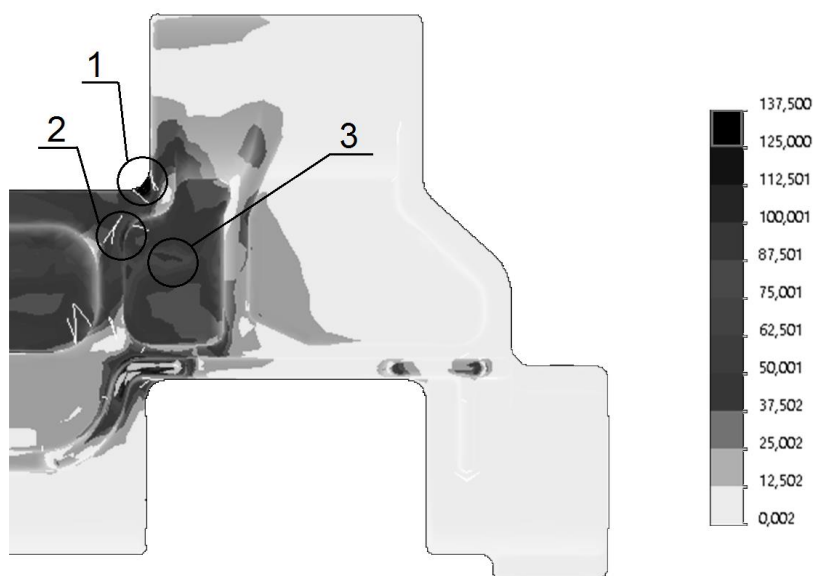


Рис. 2. Эквивалентные напряжения (МПа), опорный участок, низ звена

Максимального значения (150 МПа), для расчетной схемы рис.1, на нижней части звена эквивалентные напряжения достигают в области 1 (рис.2) на ребрах жесткости, соединяющих двойные проушины с центральной частью звена. В области 3, под беговой дорожкой между ребрами, и на ребре в области 2 эквивалентные напряжения достигают 112 МПа.

Верхняя часть звена менее нагружена, тем не менее, в области 2 (рис. 3) в центральной части беговой дорожки между двух центральных ребер и в области 3 между ребром и направляющим гребнем наблюдается концентрация напряжений, достигающая 100 МПа. В месте соединения направляющего гребня и внешней поверхности проушины (область 4) эквивалентные

напряжения достигают 82 МПа. Эквивалентные напряжения в области 1 не превышают 73 МПа.



Рис.3. Эквивалентные напряжения (МПа), опорный участок, верх звена

Второе – это положение звена на опорной поверхности под последним катком [2], звено нагружено силой равной максимальному растягивающему усилию, которая приложена к звену под углом к плоскости, в которой расположены оси отверстий проушин. В расчетной схеме (рис.4) на часть поверхности отверстия тройных проушин, находящейся в контакте с поверхностью ограничителя наложены граничные условия, не позволяющие этой поверхности перемещаться в горизонтальном направлении. На участок поверхности находящийся в контакте с опорным катком наложено граничное условие, не позволяющее этому участку перемещаться в вертикальном направлении относительно плоскости беговой дорожки. Расчеты производились с различным положением опорного катка на беговой дорожке, оценка прочности осуществлялась для наиболее опасного положения. Т.е. рассматривается процесс выхода звена из-под последнего опорного катка.

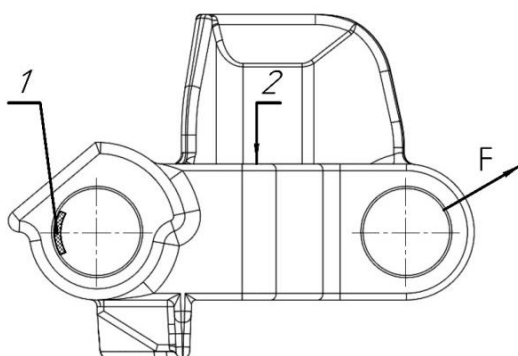


Рис.4. Расчетная схема 2: 1-граничные условия на участок контакта РМШ с проушиной, 2-граничное условие от контакта с опорным катком

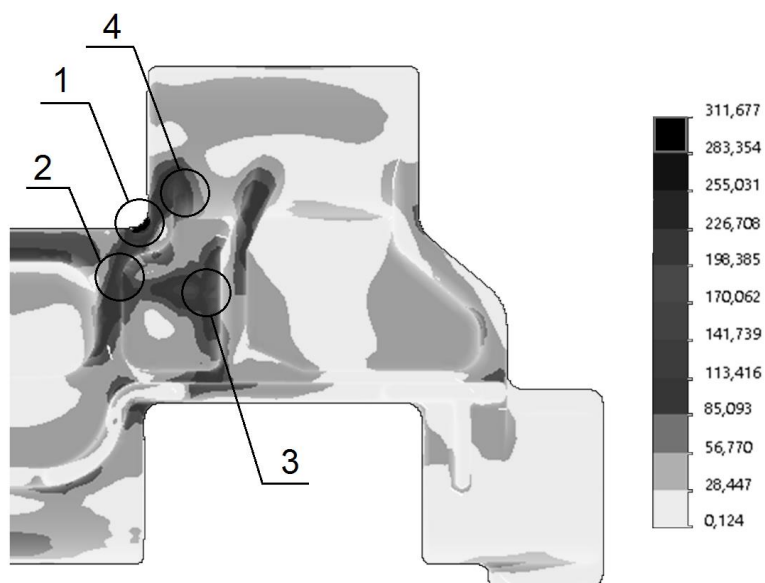


Рис. 5. Эквивалентные напряжения (МПа), под последним катком, низ звена

Как и для предыдущей расчетной схемы, максимальных значений эквивалентные напряжения для данного вида нагружения (расчетная схема рис.4) достигают на нижней части звена в области 1 (рис.5) и составляют 320 МПа. В области 2 на центральном ребре, под беговой дорожкой (область 3) и в области 4 эквивалентные напряжения достигают 226 МПа.

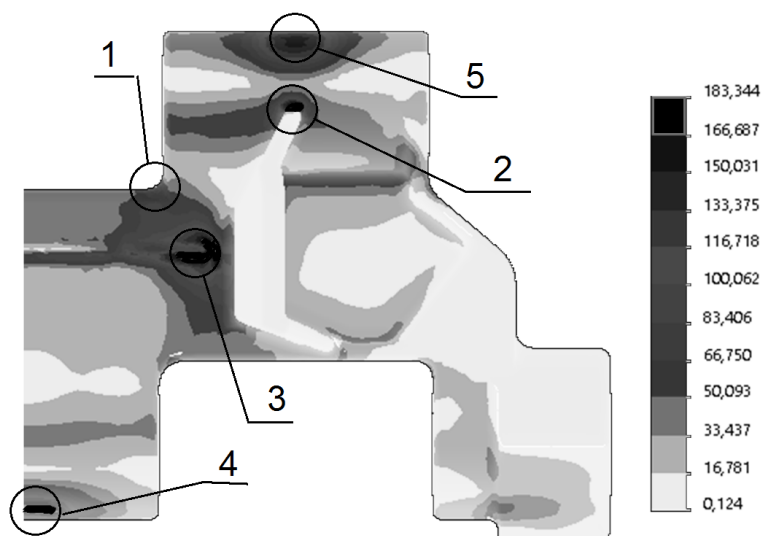


Рис. 6. Эквивалентные напряжения (МПа), под последним катком, верх звена

Максимальных значений эквивалентные напряжения на верхней части звена для данного вида нагружения достигают в средней части центральной проушины в месте контакта с ограничителем радиальной деформации резиновых элементов РМШ (область 4, рис.6), в местах соединения двойных проушин с направляющими гребнями (область 2), в указанных областях их величина достигает 185 МПа. В двойных проушинах (область 5) эквивалентные

напряжения несколько меньше и составляют 166 МПа, а в области 1 не превышают 83 МПа.

И третье – это положение на ведущем участке [2, 4], когда звено нагружено растягивающей силой, расположенной в плоскости, проходящей через оси отверстий проушин. В расчетной схеме (рис.7) на часть поверхности отверстия тройных проушин, находящейся в контакте с поверхностью ограничителя наложены граничные условия (поз. 1), цилиндрическая грань может вращаться только вокруг собственной оси. К внутренней поверхности отверстия двойных проушин приложена растягивающая звено сила, действующая в плоскости осей проушин.

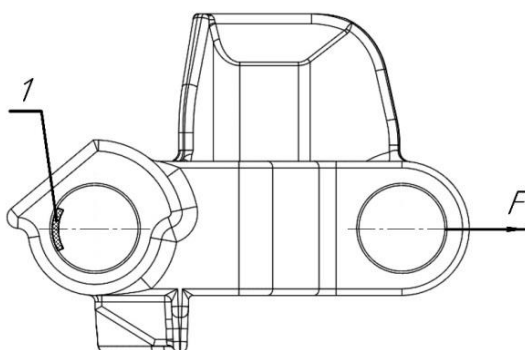


Рис. 7. Расчетная схема 3: 1- граничные условия на поверхности тройных проушин

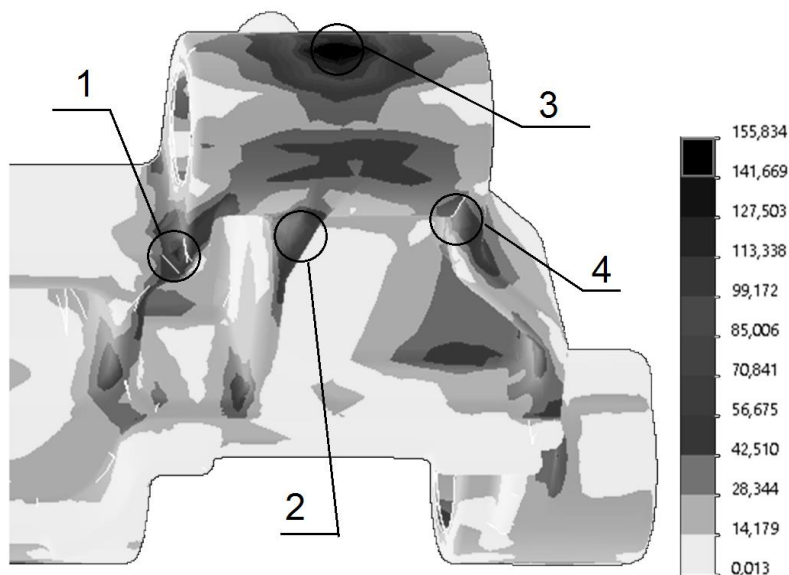


Рис.8. Эквивалентные напряжения на ведущем участке

При положении звена на рабочей ветви максимальных значений эквивалентные напряжения достигают в области 5 контакта ограничитель-проушина (172 МПа), в области 1 (144 МПа), в области 2 и 4, соответственно 99 МПа и 85 МПа.

Таким образом, для рассмотренной конструкции звена наиболее нагруженной областью является соединение двойных проушин с центральной частью звена. Для указанной области необходимо продолжить поиск более рационального конструктивного решения с помощью методов оптимизации. В процессе эксплуатации область беговой дорожки звена подвергается абразивному и усталостному износу, поэтому с целью повышения прочности и долговечности звена в области беговых дорожек возможны два конструктивных решения – это увеличение толщины беговой дорожки и дополнительные ребра жесткости в нижней части. Также необходимо увеличить толщину стенок двойных и центральной проушин. Указанные конструктивные изменения увеличивают металлоемкость звена, поэтому в областях с низкими значениями эквивалентных напряжений необходимо применить ребра жесткости переменного сечения, что позволит снизить массу звена.

Список литературы

1. Коростелев, С.А. Совершенствование конструкции ограничителя радиальной деформации РМШ гусеничного движителя / С.А. Коростелев // Тракторы и сельхозмашины. – 2012.- № 3. – С. 41 – 43.
2. Исследование объемно-напряженного состояния звеньев гусениц: отчет о НИР / Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова; рук. Н.А. Толчинский; исполн.: А.Е. Якименко и др. – Барнаул, 1976. – 188 с. – №ГР74060946. – Инв. № Б493534.
3. Коростелев, С.А. Совершенствование формы резинового элемента РМШ гусеничного движителя / С.А. Коростелев // Тракторы и сельхозмашины. – 2011.- № 6. – С. 38 – 40.
4. Шарипов, В.М. Экспериментальная оценка нагрузок, действующих на резиновые элементы гусеничной цепи с резинометаллическими шарнирами/ В.М. Шарипов, Ю.Н. Барсуков, С.А. Коростелев // Известия МГТУ «МАМИ». - 2016. - №4-(30). - С. 97-106.
5. Клубничкин, В.Е. Исследование кинематики и динамики движителя гусеничной лесозаготовительной машины/ В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, Л.Д. Бухтояров// Лесотехнический журнал. - 2014. - Т. 4. - № 4 (16). - С. 179-190.
6. Динамика гусеничной ленты с эластомерными уширителями/ А.А. Абызов, И.Я. Березин, В.И. Бывальцев, Е.Е. Рихтер// Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - № 5. – С. 36-38.
7. Баженов Е.Е. Исследование колебательных процессов трелёвочного трактора/Е.Е. Баженов, Е.Г. Горских// Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: сборник материалов Всерос. науч.-тех. конф. – Екатеринбург: 2005 – С 105 – 111.
8. Абызов, А.А. Применение метода имитационного моделирования испытаний к расчету ресурса ходовой части транспортных машин/ А.А. Абызов, И.Я. Березин, О.С. Садаков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2006. – Вып. 8. – №11(66). – С. 122–129.

ВЛИЯНИЕ СИЛ ТРЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВНЕШНЕЙ ШИНЫ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО КАТКА ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

С.А. Коростелев, Ю.В. Медведев

*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова*

Аннотация. Рассмотрено напряженно-деформированное состояние резинового элемента поддерживающего ролика гусеничного движителя при различных коэффициентах трения. Выявлены области концентрации напряжения. Показано влияние силы трения на радиальную жесткость резинового элемента, контактное давление, осевое перемещение и удельную работу силы трения в области контакта бандажа поддерживающего ролика с беговой дорожкой. Определена зависимость усталостной прочности от удельной работы силы трения по осевому перемещению резинового элемента.

Ключевые слова: *гусеничный движитель, резиновый элемент, напряженно-деформированное состояние, удельная энергия деформации, контактное давление.*

INFLUENCE OF FRICTIONAL FORCES ON THE STRESS-STRAIN STATE OF THE EXTERNAL TYRE OF SUPPORT ROLLER OF CATERPILLAR MOVER

S.A. Korostelev, Y.V. Medvedev

Polzunov Altai State Technical University

Annotation. The stress-strain state of the rubber element of the supporting roller of a caterpillar mover with various friction coefficients is considered. Identified areas of stress concentration. The influence of the friction force on the radial rigidity of the rubber element, the contact pressure, the axial displacement and the specific work of the friction force in the area of contact of the support roller rubber brace with the treadmill is shown. The dependence of the fatigue strength on the specific work force of friction in the axial movement of the rubber element is determined.

Keywords: *caterpillar mover, rubber element, the stress-strain state, strain energy density, shear stresses.*

В конструкциях гусеничных машин с применением опорных катков малого диаметра для поддержания свободной ветви гусеничной ленты, облегчения её натяжения, уменьшения амплитуды колебаний и динамических нагрузок применяют поддерживающие катки.

Транспортные средства с гусеничным движителем используются в различных отраслях страны (АПК, лесозаготовительная промышленность, ВПК). Использование данных гусеничных машин в этих отраслях предполагает передвижение по грунтовым дорогам и бездорожью. В процессе движения, особенно при работе на грунтах с высокой влажностью, ходовая часть гусеничной машины забивается почвой, влажная почва, находящаяся на поверхностях трения выступает в роли смазки и значительно снижает силу трения, в том числе между резиновыми и металлическими элементами.

Во время движения гусеничной машины взаимодействие свободной ветви с поддерживающим роликом носит динамический характер [1]. Силы трения, действующие в контакте внешней поверхности резиновой шины поддерживающего катка и беговой дорожки, оказывают влияние, как на износ этой поверхности, так и на характеристики радиальной жесткости резинового элемента и его напряженно-деформированное состояние.

В настоящей работе рассматривается влияние силы трения на напряженно-деформированное состояние бандажа поддерживающего катка гусеничного движителя, на давление в области контакта с беговой дорожкой звена, на работу сил трения, влияющую на износ резины, а также на характеристику радиальной жесткости.

Для определения указанных параметров решаются задачи определения напряженно-деформированного состояния упругого цилиндра из гиперупругого материала при взаимодействии с абсолютно жесткой плоскостью с различными коэффициентами трения между металлом и резиной (рисунок 1).

Механическое поведение резины описывается упругим нео-Гуковым потенциалом [2]:

$$W = c_{10} \cdot (\bar{I}_1 - 3) + \frac{1}{D} \cdot (J - 1)^2, \quad (1)$$

где W – удельная энергия деформации;

\bar{I}_1 – первый инвариант тензора меры деформации;

c_{10}, D – постоянные материала.

Резиновый элемент поддерживающего катка является телом вращения, в связи с этим решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния осуществляется в цилиндрической системе координат.

На рис.1 представлен профиль поддерживающего катка и расчетная схема. Угол наклона образующих боковых поверхностей составляет 15° .

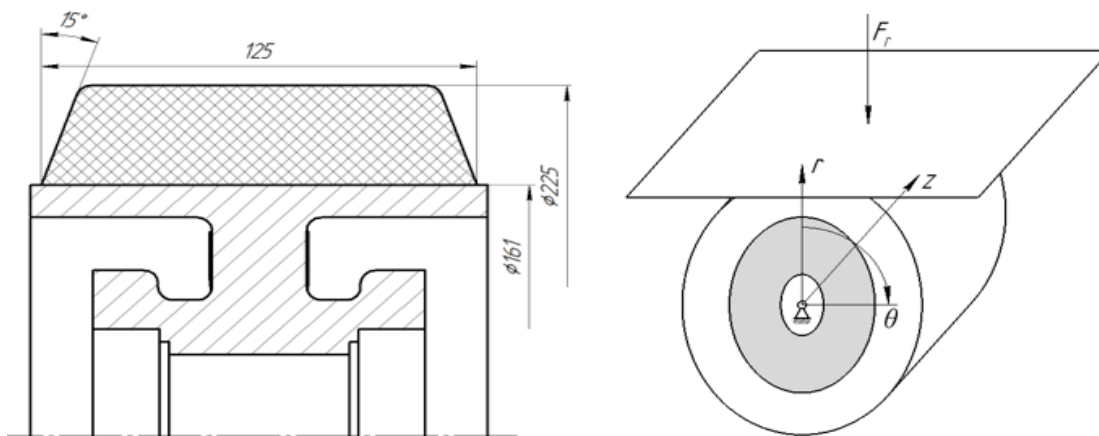


Рис. 1. Профиль поддерживающего катка и расчетная схема

Для оценки влияния трения в контакте на напряженно-деформированное состояние резинового элемента поддерживающего катка рассматриваются

четыре варианта взаимодействия гусеничного обвода и поддерживающего катка:

- взаимодействие без трения;
- взаимодействие с трением ($f_{тр} = 0,1$);
- взаимодействие с трением ($f_{тр} = 0,2$);
- взаимодействие с трением ($f_{тр} = 0,3$).

В результате расчета были определены характеристики радиальной жесткости конструкции (рис. 2), картина распределения удельной энергии деформации W , являющейся критерием усталостной прочности резины [3,4], контактное давление P , перемещение резины, находящейся в контакте с беговой дорожкой, в осевом направлении $|w|$ и работа силы трения A (рис.3-6).

На рис.2 показаны характеристики радиальной жесткости резинового элемента. Для всех значений коэффициента трения характеристики жесткости являются нелинейными. С возрастанием трения увеличивается радиальная жесткость резинового элемента.

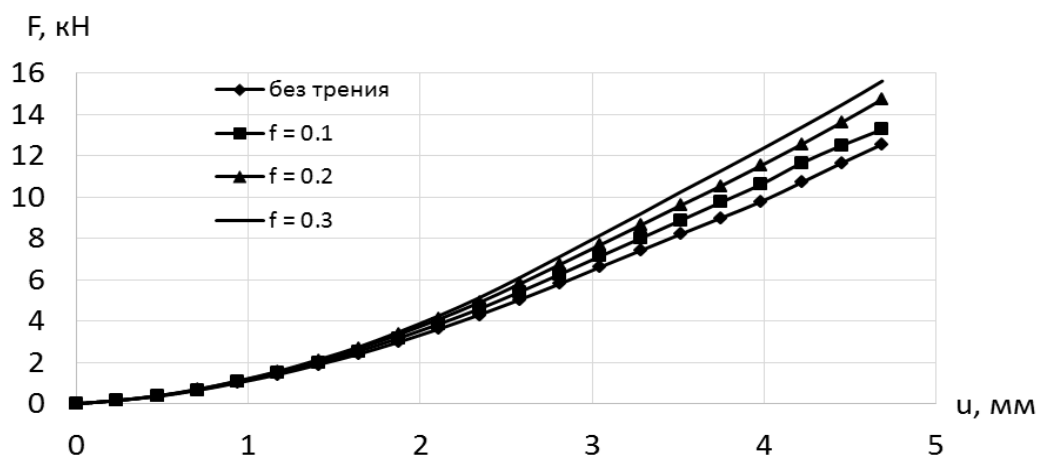


Рис. 2. Характеристика радиальной жесткости

При взаимодействии поддерживающего катка с беговой дорожкой, поверхность резинового элемента в области контакта перемещается относительно металла и подвергается износу, величина которого зависит от давления в области контакта, сил трения, перемещения. Одним из критериев для оценки износа является работа сил трения на поверхности контакта резины и металла [5,6]. Для оценки влияния величины коэффициента трения в области контакта на износ поверхности резинового элемента оценивается удельной работой силы трения:

$$A = \int_0^A P(u) f_{тр} w(u) du, \quad (2)$$

где u – осадка резинового элемента;

$P(u)$ – давление в контакте резинового элемента и беговой дорожки;

$w(u)$ – осевое перемещение точки поверхности РЭ, находящейся в контакте с беговой дорожкой;

$f_{тр}$ – коэффициент трения между поверхностью РЭ и беговой дорожкой.

На рис.3 представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния резинового элемента поддерживающего катка при взаимодействии с беговой дорожкой при отсутствии сил трения в области контакта. Анализ распределения удельной энергии деформации по сечению резинового элемента показывает, что в областях 1 и 2 удельная энергия деформации достигает максимального значения ($0,297 \text{ МДж/м}^3$). В областях 3 и 4 концентрация удельной энергии деформации не наблюдается.

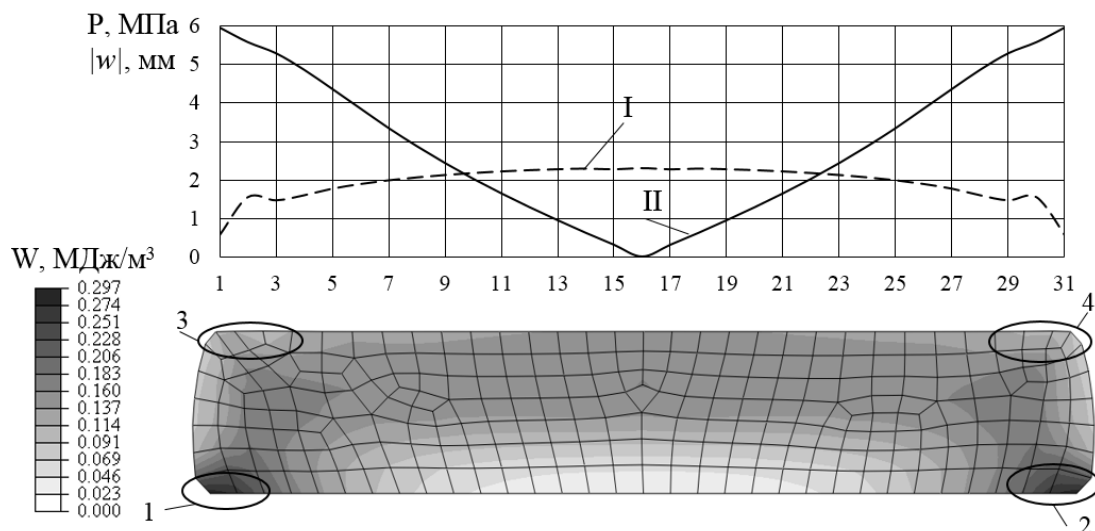


Рис. 3. Удельная энергия деформации W в сечении РЭ:
 I – давление P в области контакта резины и беговой дорожки; II – осевое перемещение резины w в плоскости действия радиальной силы

Давление в области контакта в паре «бандаж поддерживающего катка – беговая дорожка» в плоскости действия радиальной силы F_r (кривая I) имеет небольшие характерные пики в точках 2 и 30. Максимального значения достигает в центре контакта и составляет 2,2 МПа.

Поверхность резинового элемента между точками 1-31 находится в контакте с беговой дорожкой. Поверхность резинового элемента перемещается от центра контакта с беговой дорожкой к периферии (кривая II, рис. 3). Максимальных значений осевое перемещение w достигает в крайних точках контакта и составляет 5,97 мм.

При увеличении коэффициента трения до 0,1 максимальное значение удельной энергии деформации в областях 1 и 2 уменьшается (по сравнению с вариантом без трения) и составляет $0,260 \text{ МДж/м}^3$. В областях 3 и 4 концентрация удельной энергии деформации не наблюдается (рис.4). Максимальное осевое перемещение w в крайних точках уменьшается до 3,78 мм (кривая II, рис. 4). Давление возрастает на всей протяженности контакта и в центре контакта и составляет 2,6 МПа (кривая I, рис. 4).

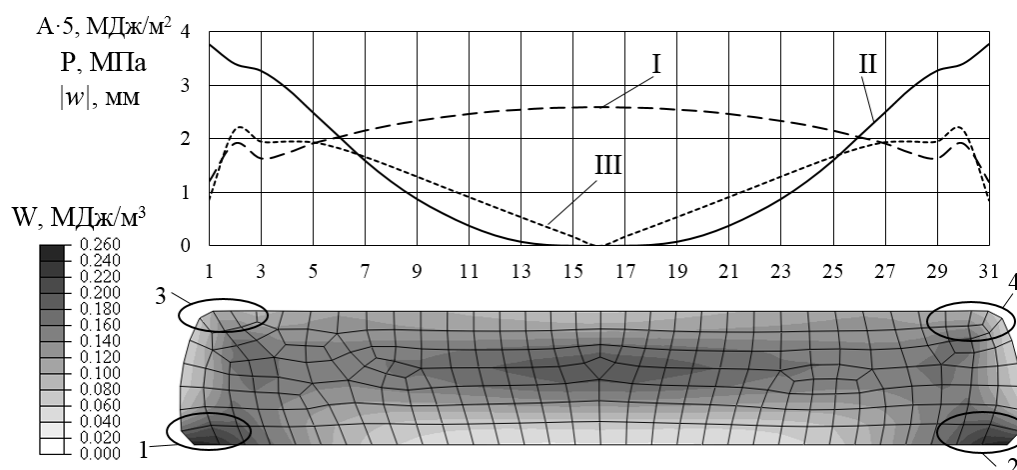


Рис. 4. Удельная энергия деформации W в сечении РЭ ($f_{mp}=0.1$):
 I – давление P в области контакта резины и беговой дорожки; II – осевое перемещениерезины w в плоскости действия радиальной силы; III – удельная работа сил трения ($f_{mp}=0.1$)

Кривая III (рис.4) показывает работу силы трения при перемещенииэлементарной поверхности резинового элемента, находящейся в контакте с беговой дорожкой, в осевом направлении. Максимальное значение удельной работы силы трения достигается в точках 2 и 30, в которых наблюдается скачек контактного давления (кривая I, рис. 4), и составляет $0,433 \text{ МДж/м}^2$.

При $f = 0,2$ максимальное значение удельной энергии деформации в областях 1 и 2 уменьшается и составляет $0,252 \text{ МДж/м}^3$. В областях 3 и 4 величина удельной энергии деформации немного увеличивается (по сравнению с вариантами взаимодействия поддерживающего катка с беговой дорожкой при $f = 0$ и $f = 0,1$) и составляет $0,1-0,19 \text{ МДж/м}^3$ (рис.5).

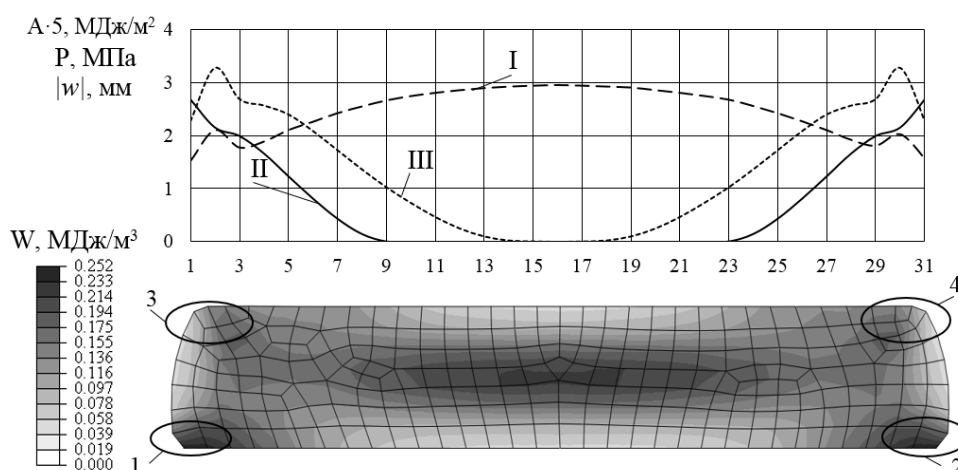


Рис. 5. Удельная энергия деформации W в сечении РЭ($f_{mp}=0.2$):
 I – давление P в области контакта резины и беговой дорожки; II - осевое перемещениерезины w в плоскости действия радиальной силы; III – удельная работа сил трения

В связи с тем, что силы трения, действующие в области контакта звена беговой дорожки и поверхности резинового элемента, превышают напряжение сдвига, поверхность резинового элемента между точками 14 и 18 не совершает осевого перемещения (кривая II, рис. 5). Значения осевых перемещений поверхности между точками 9-13 и 19-23 близки к нулю. Максимальное значение перемещения достигается в крайних точках и составляет 2,69 мм.

Максимальное значение удельной работы силы трения (кривая III, рис. 5) при перемещении поверхности резинового элемента в осевом направлении достигается в точках 2 и 30, в которых наблюдается скачок контактного давления (кривая I, рис. 5), и составляет 0,655 МДж/м².

На рисунке 6 представлена картина распределения удельной энергии деформации по сечению резинового элемента при величине коэффициента трения 0,3. Концентрация удельной энергии деформации наблюдается не только в областях 1 и 2, но и в областях 3 и 4 и составляет 0,255 МДж/м³. Также возрастает удельная энергия деформации в центральной части сечения резинового элемента и достигает величин близких к значениям в областях концентрации 1-4.

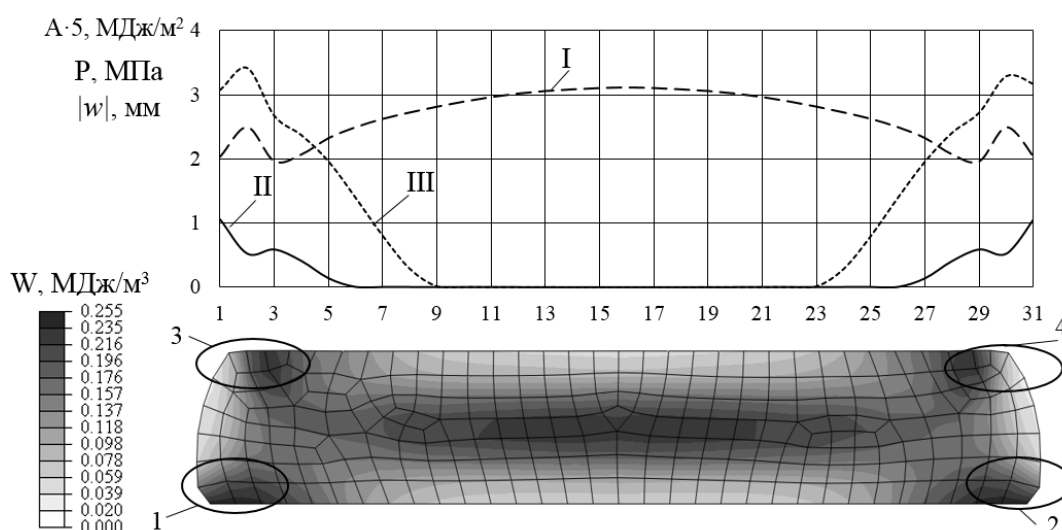


Рис. 6. Удельная энергия деформации W в сечении РЭ ($f_{mp}=0.3$):
 I – давление P в области контакта резины и беговой дорожки; II – осевое перемещение резины w в плоскости действия радиальной силы; III – удельная работа сил трения ($f_{mp}=0.3$)

В связи с тем, что силы трения, действующие в области контакта звена беговой дорожки и поверхности резинового элемента, превышают напряжение сдвига, поверхность между точками 9-23 не совершает осевого перемещения (кривая II, рис. 6). Значения осевых перемещений поверхности между точками 6-8 и 24-26 близки к нулю. Максимальных значений перемещения достигают в крайних точках контакта и составляют 1,06 мм. Максимальное давление в центральной части контакта превышает 3 МПа. Максимальное значение удельной работы силы трения (кривая III, рис. 6) по перемещению резинового

элемента в осевом направлении достигается в точках 2 и 30, и составляет 0,682 МДж/м².

Выводы

С увеличением коэффициента трения:

- радиальная жесткость резинового элемента возрастает, так при возрастании величины коэффициента трения с 0,1 до 0,3 при радиальной осадке резинового элемента 3 мм необходимая для этого радиальная сила возрастает на 23%;
- в области контакта внешней шины поддерживающего катка и беговой дорожки, несмотря на уменьшение осевых перемещений резины в области контакта, возрастает удельная работа сил трения, а, следовательно, износ поверхности резины. Так при увеличении коэффициента трения с 0,1 до 0,3 удельная работа возрастает на 57%;
- возрастает удельная энергия деформации при увеличении коэффициента трения с 0,1 до 0,3 в области концентрации в месте соединения с металлом ступицы на 36%, на внешнем свободном диаметре, на некотором расстоянии от крайней точки контакта возрастает в 2,17 раза.

Область концентрации удельной энергии деформации и область максимальной удельной работы сил трения на поверхности резинового элемента совпадают, что значительно ускоряет разрушение резинового элемента.

Список литературы

1. Шарипов, В.М. Экспериментальная оценка нагрузок, действующих на резиновые элементы гусеничной цепи с резиноталлическими шарнирами / В.М. Шарипов, Ю.Н. Барсуков, С.А. Коростелев // Известия МГТУ «МАМИ». 2016. №4-(30). С. 97-106.
2. Оден, Д.Т. Определение конечных деформаций упругих тел на основе конечных элементов / Д.Т. Оден, Д.Е. Кей // Расчет упругих конструкций с использованием ЭВМ. Т. 1. – СПб.: Судостроение, 1974. С. 63-68.
3. Коростелев С.А. Определение напряженно-деформированного состояния резиновых элементов внутренней амортизации опорного катка гусеничного движителя / С.А. Коростелев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т17, №2(4). С. 793-798
4. Коростелев, С.А. Совершенствование формы резинового элемента РМШ гусеничного движителя / С.А. Коростелев // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 6. С.38-40.
5. Бартнев, Г.М. Трение и износ полимеров / Г. М. Бартнев, В.В. Лаврентьев. – Л.: Химия, 1972. 240 с.
6. Бродский, Г.И. Истирание резин / Г. М. Бартнев, В.Ф. Евстратов, Н.Л. Сахновский, Л.Д. Слюдилов. – М.: Химия, 1975. 240 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗИНОВОГО ЭЛЕМЕНТА РМШ РЕАКТИВНОЙ ШТАНГИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

С.А. Коростелев, Ю.В. Медведев, А.В. Горбачев
*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова*

Аннотация. Рассмотрено напряженно-деформированное состояние резинового элемента шарнирного соединения реактивной штанги подвески грузового автомобиля. Определены эпюры давления в области контакта резины и металла, а также распределение касательных напряжений на этой поверхности, вызванных закручиванием шарнира. Выявлены области концентрации касательных напряжений и удельной энергии деформации.

Ключевые слова: *резинометаллический шарнир, подвеска автомобиля, напряженно-деформированное состояние, удельная энергия деформации, контактное давление.*

DETERMINATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF RUBBER ELEMENT OF RUBBER-METAL JOINT OF TRUCK'S REACTIVE ROD

S.A. Korostelev, Y.V. Medvedev, A.V. Gorbachev
Polzunov Altai State Technical University

Abstract. The stress-strain state of the rubber element of the swivel joint of the suspension bar of a truck is considered. The diagrams of pressure in the area of contact of rubber and metal, as well as the distribution of tangential stresses on this surface caused by the twisting of the hinge, are determined. Revealed areas of concentration of tangential stresses and specific strain energy.

Keywords: *rubber-metal joint, car suspension, stress-strain state, strain energy density, contact pressure.*

Грузовые автомобили семейства «КамАЗ» и «УРАЛ» применяют в различных отраслях народного хозяйства: в агропромышленном комплексе, лесозаготовительной промышленности, при добыче и разведке полезных ископаемых. Применение автомобилей в этих отраслях предполагает передвижение по грунтовым дорогам и бездорожью, что в свою очередь предъявляет высокие требования к надежности ходовой части автомобиля.

В конструкции подвески грузовых автомобилей для крепления реактивной штанги к ведущему мосту и раме применяют резинометаллическое шарнирное соединение. Резинометаллический шарнир представляет собой металлический палец, на шаровую поверхность которого привулканизирован резиновый элемент (рис. 1). Работа шарнира обеспечивается за счет упругой деформации резинового элемента. Резинометаллический шарнир выполняют по двум основным схемам консольной и двухопорной. В настоящей работе рассматривается консольная схема (рис.1).

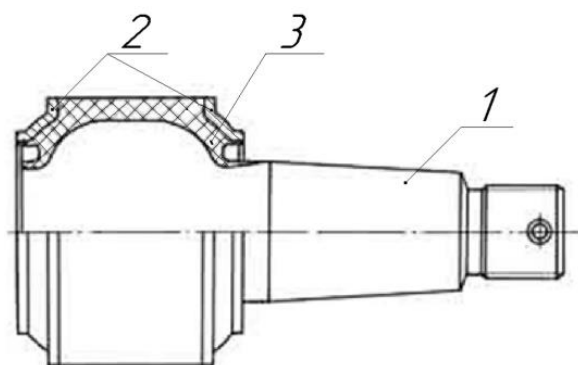


Рис. 1. Резинометаллический шарнир реактивной штанги:
 1 – металлический палец; 2 – металлическая арматура;
 3 – резиновый элемент

Во время сборки резиновые элементы шарнира подвергаются деформации, вызванной перемещением крышки в осевом направлении, что вызывает перемещение резины в радиальном направлении поверхности образованной внешним диаметром резинового элемента и обеспечивает возникновение давления в области контакта резины и отверстия в проушины реактивной штанги. Силы трения, обусловленные этим давлением, обеспечивают отсутствие проворачивания резинометаллического пальца шарнира.

Во время эксплуатации резиновые элементы РМШ подвергаются воздействию динамических нагрузок. Величина и интенсивность этих нагрузок зависит от многих факторов, например, таких как: конструктивные особенности подвески – длины штанг и рычагов; скорость движения автомобиля; неровности поверхности пути и т.д. При этом резиновые элементы нагружаются радиальной силой, крутящим и карданным моментами. На величину радиальных нагрузок в первую очередь оказывают влияние величины касательной силы тяги на ведущих колесах или тормозных сил при замедлении автомобиля. Углы закручивания шарнира и нагружение карданным моментом зависят от углов поворота реактивной штанги относительно ведущего моста и рамы автомобиля (рис. 2).

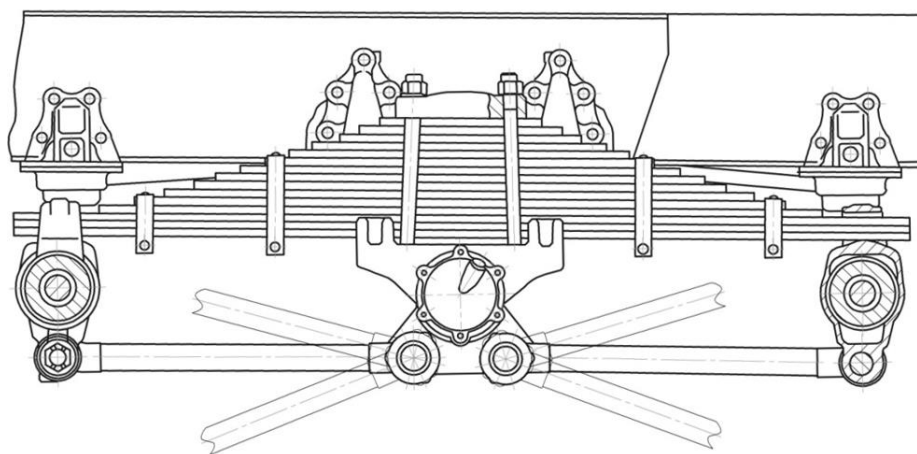


Рис. 2. Задняя подвеска автомобиля грузового автомобиля

Для обоснованного выбора конструктивных параметров РМШ необходимо знать их влияние на механические характеристики шарнира такие как: радиальная и угловая жесткости, демпфирование в шарнире [1,2]. Кроме того, необходимо знать распределение полей напряжений деформаций и удельной энергии деформации по объему резинового элемента, как вызванных сборкой, так и вторичном нагружении во время эксплуатации, поскольку эти параметры определяют циклическую долговечность шарнира [3,4,5].

Как показывает опыт проектирования и эксплуатации резинометаллических шарниров различного типа, наиболее опасным видом нагружения является закручивание шарнира [3,4]. Максимальный угол закручивания РМШ реактивной штанги зависит от кинематических особенностей подвески, а именно от максимального хода подвески и длины реактивной штанги. Так, для рассматриваемой подвески грузового автомобиля (рис. 2) максимальный угол, на который поворачивается реактивная штанга в опоре балансира, равен 30° , таким образом, максимальный угол закручивания с учетом сборки шарнира составит $\pm 15^\circ$.

На рис. 3 представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния резинового элемента шарнира после сборки шарнира, т.е. после его установки в отверстие проушины и последующего сжатия в осевом направлении. Несмотря на то, что конструкция резинового элемента и пальца шарнира в совокупности условиями сборки приводят к концентрации удельной энергии деформации в областях 1 и 2 (рис. 3), в то время как остальная часть резинового элемента практически не нагружена, значения удельной энергии деформации при сборке находятся в рамках допустимых величин. С одной стороны, подобное конструктивное решение не рационально, так как сечение резинового элемента нагружено неравномерно, а с другой, это критически не скажется на его работоспособности, поскольку опыт эксплуатации подобных конструкций показывает, что при величине удельной энергии деформации вызванной сборкой до 3 МДж/м^3 резиновые элементы шарнирных соединений сохраняют работоспособное состояние в течение длительного времени при последующем циклическом деформировании.

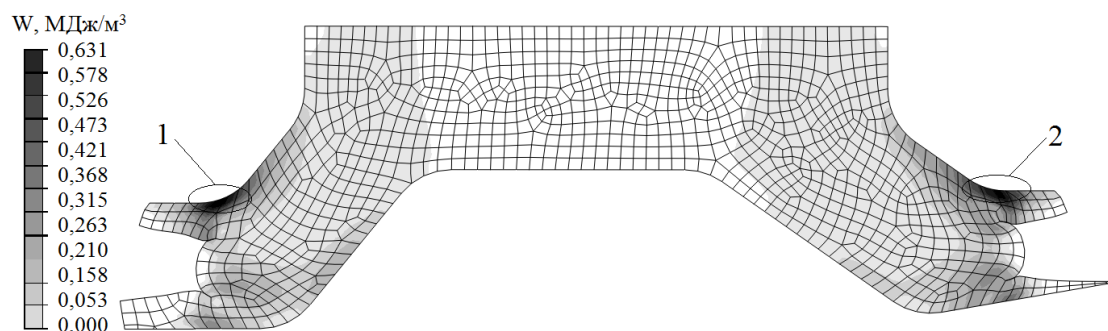


Рис. 3. Удельная энергия деформации после сборки

Представленная эпюра давления в области контакта резинового элемента и поверхности отверстия проушины говорит о том, что давление на большей части поверхности составляет 2,6 МПа, имеются незначительные пики, достигающие давления 2,85 МПа и расположенные на расстоянии не более 3,5 мм от металлической обоймы после которых давление падает до 1,8 МПа. Учитывая, что касательные напряжения (рис. 5), вызванные закручиванием шарнира, на этой поверхности не превышают 0,2 МПа, можно сделать вывод об отсутствии скольжения резины относительно металла в области контакта. Что, впрочем, требует обратить на себя более пристальное внимание при дальнейшем изучении подобных конструкций, так как при больших углах закручивания проявляются нелинейные эффекты, приводящие к снижению контактного давления, а также необходимо учитывать явление релаксации напряжений в резине.

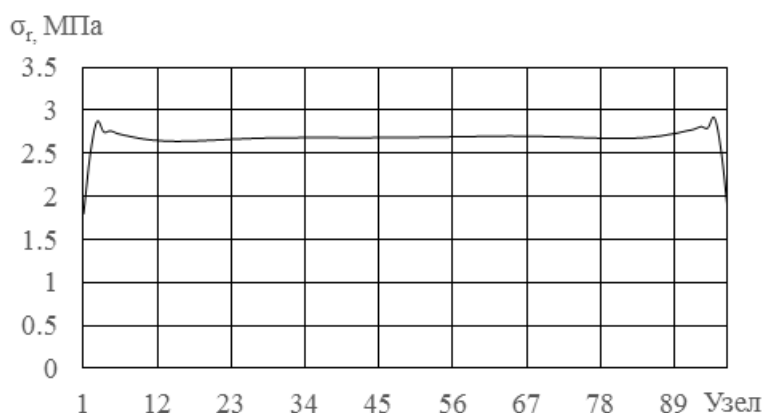


Рис. 4. Эпюра давления P в контакте после сборки

Концентрация касательных напряжений $\tau_{r\theta}$ (рис. 5) и удельной энергии деформации (рис.6) в областях 1, 2 и 3 свидетельствует о не рациональном выборе конструктивных параметров сечения резинового элемента шарнира. Говорить о низкой долговечности на данном этапе исследования преждевременно, так как для этого необходима информация о режимах нагружения в различных условиях эксплуатации, а настоящий расчет выполнен для максимальных углов закручивания шарнира. Существующие конструкции резинометаллических шарнирных соединений сохраняют длительную (приемлемую) долговечность при циклическом деформировании при амплитуде касательных напряжений, не превышающей 0,5 МПа, и значениях удельной энергии деформации, не превышающей 0,25 МДж/м³. О нерациональном выборе конструктивных параметров сечения свидетельствует и распределение касательных напряжений $\tau_{z\theta}$, вызванных закручиванием шарнира (рис. 7).

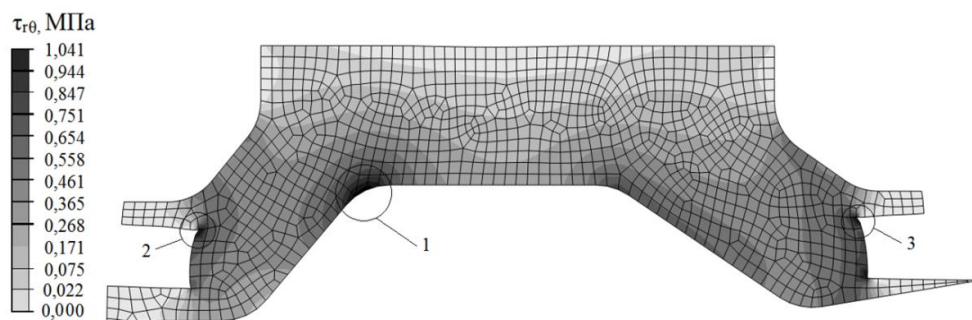


Рис.5. Распределения касательных напряжений $\tau_{r\theta}$, МПа

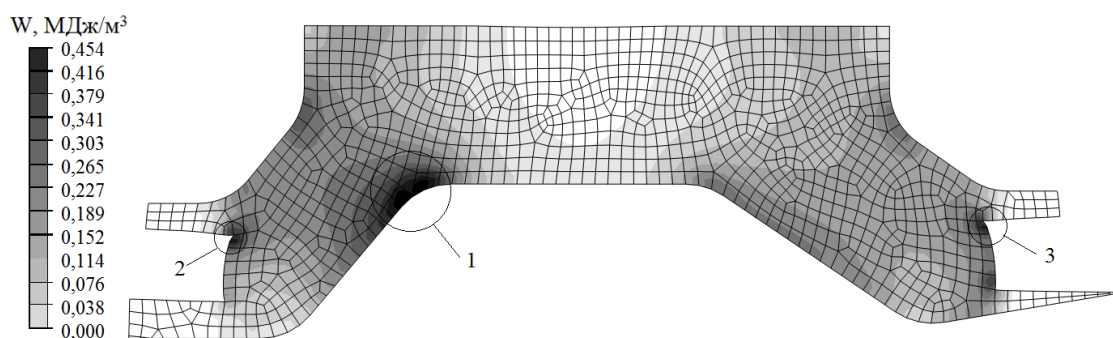


Рис. 6. Распределения удельной энергии деформации при кручении

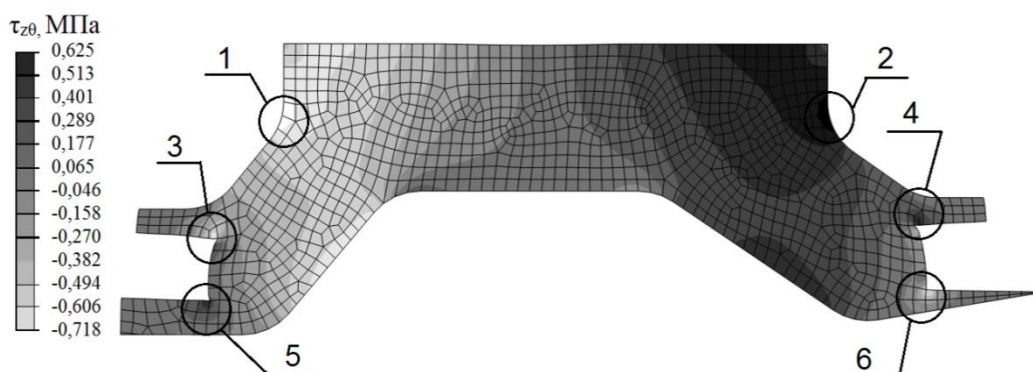


Рис.7. Распределения касательных напряжений $\tau_{z\theta}$, МПа

Проведенный расчет напряженно-деформированного состояния резинового элемента шарнирного соединения реактивной штанги подвески грузового автомобиля и его анализ показывает, что рассмотренная конструкция обладает большим потенциалом с точки зрения совершенствования, а именно снижения значений напряжения в области концентрации касательных напряжений и удельной энергии деформации за счет рационального выбора конструктивных параметров сечения резинового элемента. Наиболее нагруженными являются области 1, 2 и 3 с максимальным значением удельной энергии деформации.

Список литературы

1. Соломатин Н.С., Черепанов Л.А., Заплатин А.А., Русаков С.С., Храпов Д.С., Рогачев Д.А. Испытания автомобиля // Тольятти: Издательство ТГУ, 2008. 160 с. ISBN 978-5-8259-0406-1
2. Проектирование автомобиля: учеб. пособие [Текст] / Е.У. Исаев [и др.]. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. 260 с.
3. Коростелев С.А. Оценка напряженно-деформированного состояния резинового элемента РМШ гусеничного движителя при сборке и кручении/ С.А. Коростелев // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 11. С. 26 – 29.
4. Лавендел Э.Э. Расчет резинотехнических изделий. М., «Машиностроение», 1976. 232 с.
5. Хромов, М.К. О закономерностях изменения усталостной выносливости резин // Каучук и резина. 1983. №6. С. 29-37.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В.Е. Коротнев, А.А. Коростелев

Липецкий государственный технический университет

Аннотация. В статье проведен анализ систем помощи участникам дорожного движения, предложены способы предупреждения засыпания водителя с целью предотвращения дорожно-транспортных происшествий и улучшения безопасности транспортного процесса в целом посредством внедрения автоматизированных систем мониторинга состояния и поведения водителя и других систем помощи участникам дорожного движения

Ключевые слова: *безопасность, транспорт, системы помощи, контроль водителя.*

USE OF MODERN TECHNOLOGIES TO ENSURE ROAD SAFETY

V.E. Korotnev, A.A. Korostelev

Lipetsk State Technical University

Summary: the article analyzes the systems of assistance to road users, suggests ways to prevent the driver from falling asleep in order to prevent traffic accidents and improve the safety of the transport process as a whole by introducing automated systems for monitoring driver's condition and other road traffic assistance systems.

Keywords: *safety, transport, assistance systems, driver control.*

В настоящее время, очевидно, что роль транспортного комплекса и транспортно-технологических систем в жизни городов и регионов возрастает. Потребности современного общества в увеличении объемов транспортного сообщения, повышении его надежности, качества и безопасности также постоянно растут. Статистика показывает, что количество ДТП с участием автотранспорта растет из года в год. Оказывается, что в результате ДТП ежегодно погибает около 1,25 млн. человек.

В данной ситуации актуально внедрение современных разработок и технологий применяемых для предотвращения ДТП. Например, в Испании на

одной из улиц каталонского городка Камбрильс оборудовали необычный «Умный пешеходный переход» с вмонтированной в дорожное полотно светодиодной подсветкой. Как только пешеход подходит на определенное расстояние к переходу, срабатывают датчики давления, которые тут же включают LED-подсветку, также, одновременно с подсветкой зебры включается и подсветка дорожного указателя «пешеходный переход». После того, как последний пешеход покидает «опасную зону», огни выключаются.

На сегодняшний день многие разработки направлены на предотвращение засыпания за рулем. Сонливость снижает способность грамотно оценивать обстановку, снижает время реакции, повышает агрессию, а также заставляет совершать водителя критические ошибки. Именно поэтому данная проблема является актуальной многие годы. «В связи с этим все чаще автопроизводители снабжают свои автомобили системами помощи и ассистентами, анализирующими состояние водителя. Системы по предупреждению засыпания водителя за рулем последние несколько лет активно внедряют мировые ведущие производители, такие как Toyota, GeneralMotors, Volvo, Mercedes-Benz. Примерами таких систем являются мониторинг положения глазных яблок и частоты колебаний век водителя через бортовой компьютер и камеры; контроль с помощью камер-детекторов движения, фиксирующих изменение положения головы и слипание глаз водителя; идентификация состояния водителя за счет отслеживания движения глаз с помощью находящихся в кабине автомобиля инфракрасных датчиков и др.» [1,2].

В процессе управления автомобилем зрительный анализатор является основным источником информации об окружающей обстановке. Снижение возможности видеть дорожную обстановку неизбежно влечет за собой увеличение дорожно-транспортных происшествий [3].

Основные причины, приводящие к аварии, представлены на рис. 1:



Рис.1. Причины ДТП [1]

Одной из основных причин смертельных ДТП является выезд на полосу встречного движения и съезд на обочину в результате засыпания или невнимательности водителя за рулем. Для предотвращения засыпания существуют виброполосы, которые уже активно внедряются во многих странах.

По данным Шведского национального исследовательского института дорожного движения:

- применение виброполос за краевой линией снижает число ДТП, связанных со съездом с проезжей части на 40%;
- применение виброполос на разделительных полосах снижает количество ДТП, связанных с выездом на встречную полосу на 15%.

Существуют автоматизированные системы управления дорожным движением, предназначенные для обеспечения сетевого адаптивного управления дорожными контроллерами светофорной сигнализации с целью оптимизации режимов их работы. Одной из таких систем выступает система «Спектр», которая управляет транспортными и пешеходными потоками, собирает, накапливает и обрабатывает статистическую информацию о транспортных потоках, осуществляет видеоконтроль с возможностью записи выбранного сегмента в режиме реального времени, обеспечивает приоритетный пропуск общественного транспорта, обеспечивает участников дорожного движения необходимой информацией при помощи табло и специализированных знаков.

СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ АСУДД

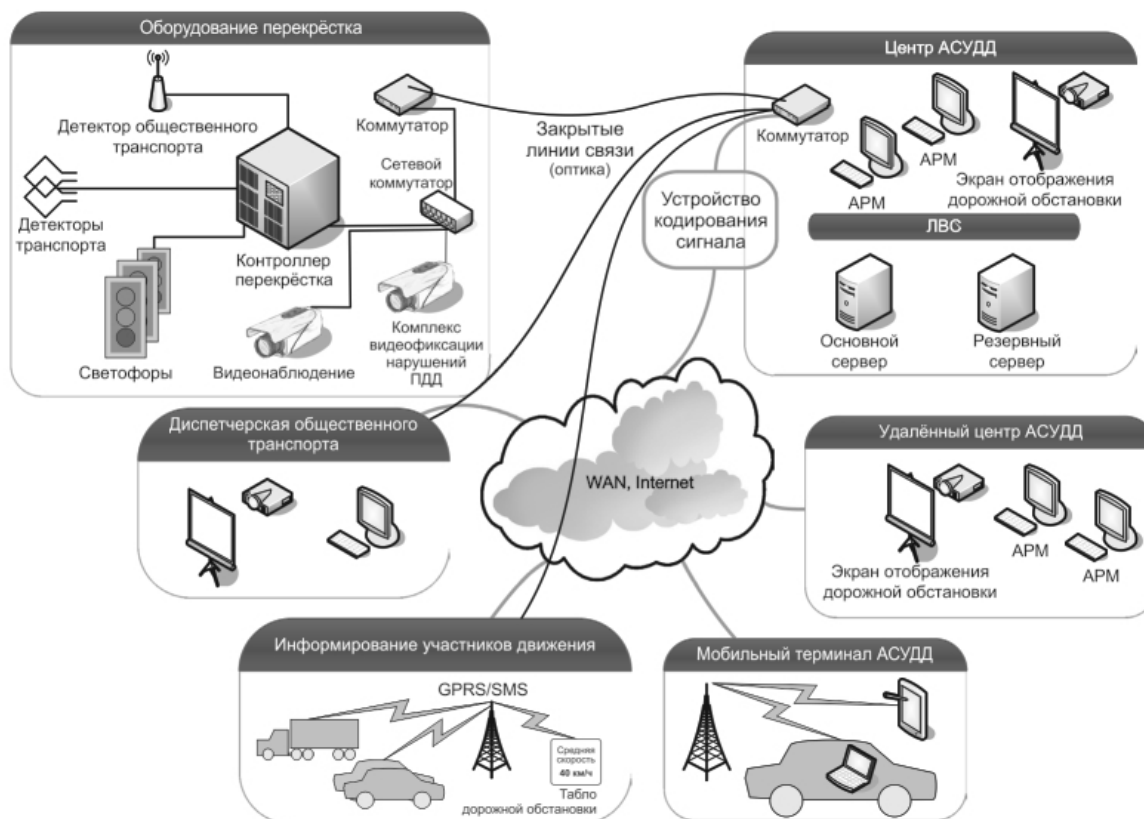


Рис.2. Схема построения АСУДД

Кроме того, для предотвращения ДТП, возникающих из-за невнимательности пешеходов повсеместно внедряют надписи и таблички на асфальте и возле пешеходной зебры, напоминающие пешеходам о необходимости быть внимательными при переходе проезжей части.

Наиболее эффективными мерами снижения аварийности на дорогах общего пользования являются автоматизированная система управления дорожным движением, системы по предупреждению засыпания водителя за рулем и другие системы помощи участникам дорожного движения.

Список литературы

1. Коростелев А. А., Бондарь Н. С., Митюхин С. О. Система мониторинга состояния и поведения водителя – основа повышения безопасности транспортного процесса. // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте. - 2018. - С. 80-83.

2. Коростелев А. А., Жилин И. В. Развитие применения информационных технологий на автомобильном транспорте // Тенденции развития современной науки. – 2017. – С. 558-560.

3. Корчагин В. А., Энглези И. П. Анализ влияния человеческого фактора на параметры аварийности. // Актуальные проблемы экономики и управления: теоретические и прикладные аспекты. - 2018. - С. 409-414.

УСТАНОВКА ВАЛА ОТБОРА МОЩНОСТИ НА ГРУЗОВОЙ АВТОМОБИЛЬ УРАЛ – 4320

В.В. Краснокутский, А.Г. Штыка, А.В. Краснокутский
*Южно-уральский государственный университет (национальный
исследовательский университет), филиал в г. Миассе*

Аннотация. В работе рассмотрена возможность установки вала отбора мощности трактора на грузовой автомобиль, проанализирована совместимость и предложена как дополнительная опция.

Ключевые слова: вал отбора мощности, трактор, автомобиль, двигатель, мощность, обороты.

INSTALLATION OF THE SHAFT OF SELECTION OF POWER ON THE URALS TRUCK - 4320

V.V. Krasnokutsky, A.G. Shtyka, A.V. Krasnokutsky
*The southern Ural State University (the national research university), branch in
Miass*

Summary. In work the possibility of installation of a shaft of selection of power of the tractor on the truck is considered, the compatibility is analysed and offered as an additional option.

Keywords: Shaft of selection of power, tractor, car, engine, power, turns.

Большое разнообразие тракторов, самоходных машин, используемых в сельском хозяйстве, производстве и др. Не полностью могут удовлетворить потребителя своей функциональностью. Либо необходимо использовать

трактор и грузовой автомобиль, или только трактор, который дополнительно выполнял бы транспортные работы. При этом в силу малого скоростного режима трактора в сравнении с автомобилем производительность будет не велика.

Разнообразность видов выполняемых работ тракторами очень велика. Иногда для привода стационарных машин, которые в качестве источника энергии используют тракторный двигатель находятся далеко от основного места расположения. Обычно это машины, которые эксплуатируются на одном месте определенное время. Такими машинами являются зерновые молотилки, соломосилосорезки, машины для обмолота кукурузных початков и сарго, приводов транспортеров, приводов гидравлических и пневматических насосов, генераторов и др.

С таким заданием мог бы справиться автомобиль повышенной проходимости двойного назначения с колесной формулой 6х6 Урал-4320, если установить на него вал отбора мощности. Для создания такой опции на грузовом автомобиле был проведен анализ существующих конструкций валов отбора мощности (ВОМ). Техническое задание к грузовому автомобилю с ВОМ следующее: ВОМ должен располагаться в задней части автомобиля; иметь последовательность разгона рабочих органов; кратковременную остановку; иметь автономный корпус, то есть отдельный агрегат.

Анализ конструкций показал, что у тракторов с ломающейся рамой устанавливается ВОМ отдельным агрегатом и имеет самостоятельную гидросистему. Рассмотрим на примере тракторов Т-150К, К-700 и их модификаций. Справедливости ради следует отметить, что гусеничный трактор Т-150 выполненный на базе колесного Т-150К имеет одинаковый ВОМ. Указанные тракторы и наш автомобиль Урал-4320 имеют ДВС Ярославского завода. Если рассматривать ВОМ исходя из характеристик ДВС указанных тракторов по отношению к двигателю автомобиля. В нашем случае автомобилю Урал-4320 подходит ближе ВОМ трактора Т-150К. Выбранный ВОМ имеет частоту вращения 1000 об/мин, что позволяет агрегатировать любую сельскохозяйственную машину или механизм. Так же имеется возможность получения второй передачи путем замены шестерни тем самым понизить обороты выходного вала до 500 об/мин. При этом имеются модификации ВОМ трактора Т-150К у которых может быть только одна передача.

Рекомендуемый ВОМ имеет не большие геометрические размеры корпуса для нашего автомобиля, что позволяет удобно разместить на раме, как опцию вместо лебедки. Важным преимуществом в выборе автомобиля является то, что автомобиль Урал-4320-0110-61М имеет в задней части лебедку, предназначенную, как для буксировки второго автомобиля, так и себя самого в условиях трудной проходимости.

Для наглядности проведём сравнительный анализ ДВС трактора и автомобиля. Трактор Т-150К имел ДВС:

СМД-60, СМД-62 номинальная мощность 165 л.с. (121,4 кВт), частота вращения коленчатого вала 2100 об/мин;

ЯМЗ 236 номинальная мощность 180 л.с. (132,4 кВт), частота вращения коленчатого вала 2280 об/мин.

Как видим двигатели имеют разную частоту вращения, но при этом ВОМ остался прежним

На автомобиль Урал-4320 устанавливается ДВС ЯМЗ-236 HE2 и его модификации с номинальной мощностью 230 л.с. (169 кВт). Частота вращения коленчатого вала 2100 об/мин.

Сравнивая ДВС по частоте вращения видим прямое сходство с СМД-60, СМД-62. Разберемся как подается крутящий момент к ВОМ. Привод ВОМ у трактора Т-150К осуществляется сплошным валом от коленчатого вала, который проходит внутри трубчатых валов коробки передач и раздаточной коробки затем на карданную передачу, необходимую для передачи крутящего момента на вторую половину ломающейся рамы. Сам ВОМ расположен на задней части ломающейся рамы и управляется тягами, что по аналогии предусматривается установить на автомобиль. Схема установки ВОМ предложена на (рис.1).

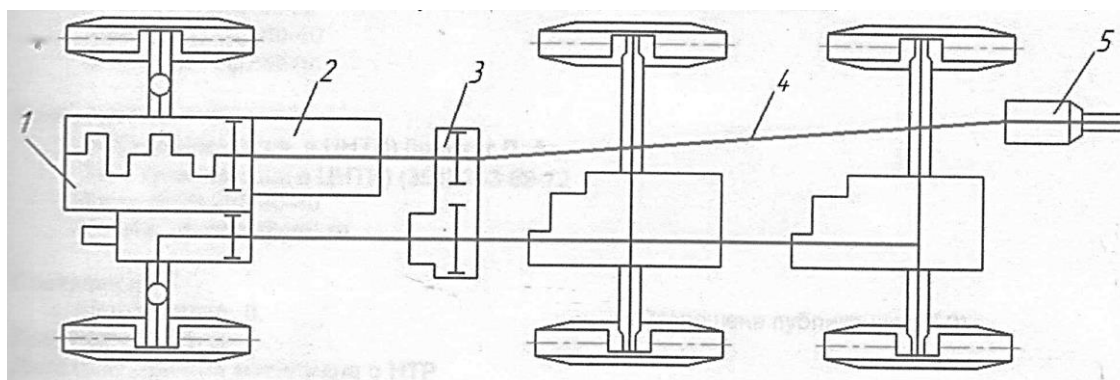


Рис.1. Схема автомобиля Урал 4320 с валом отбора мощности: 1 - двигатель внутреннего сгорания (ДВС); 2 – коробка передач; 3 – дополнительный отбор мощности (ДОМ); 4 – карданная передача; 5 – Вал отбора мощности ВОМ.

Был проведен проверочный расчет цилиндрического прямозубого одноступенчатого редуктора ВОМ трактора Т-150К. Рассмотрены присоединительные размеры и возможность установки ВОМ на автомобиль.

В заключении можно сделать вывод. Установить ВОМ трактора Т-150К на грузовой автомобиль Урал – 4320 возможно без больших доработок. Данная тема имеет продолжение, результаты испытаний будут опубликованы в следующей статье. Авторы статьи готовы на сотрудничество.

Список литературы

1. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов: Учебник для студентов вузов. 2 – е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. – 752 с.
2. «Автомобиль Урал-43206 и его модификации» Руководство по эксплуатации (издание первое) Договор №1266 прс

3. Родичев, В.А., Родичева, Г.И. Тракторы и автомобили. – 3-у изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1996. – 336 с.

4. Краснокутский, В.В., Пономарев, А.Л. Автомобиль высокой проходимости с валом отбора мощности (ВОМ) трактора. Информационный листок № 74-033-16, ГРНТИ 55.43.35.

5. Тракторы. Конструкция: учебник для студентов вузов. 2-е изд., испр. и перераб. / В.М. Шарипов, Д.В. Апельинский, Л.Х. Арустамов и др.; под общ. Ред. В.М. Шарипова. – М.: Машиностроение, 2012. – 790 с.

6. Краснокутский, А.В., Краснокутский, В.В. Предложения к развитию активных автопоездов. Сборник трудов XV научно-практической конференции «Социально-экономические, институционально-исторические компоненты развития муниципальных образований» (Миасс, 4 мая 2018 г.). – Миасс: ИП Петров А.И., 2018. – 240 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СТО «CHECK MOTORS», С. ШИПУНОВО, С РАЗРАБОТКОЙ УЧАСТКА ПРИЕМКИ

Е.С. Ошкало, В.Ф. Левин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. Выполнено исследование организации работы поста приемки автомобилей, проведен анализ пакетов документов, необходимых при приемке, проработан универсальный короткоходовый подъемник, а также были преобразованы приемочные документы и введены новые для СТО «Check Motors», которые можно унифицировать для любой другой станции технического обслуживания.

Ключевые слова: станция технического обслуживания (СТО), предприятие, автосервис, приемка, участок приемки, клиент, качество, сервис.

RECONSTRUCTION OF CAR REPAIR SHOP «CHECK MOTORS», SHIPUNOVO VILLAGE, WITH INVENTION OF RECEPTION POST

E.S.Oshkalo, V.F. Levin

Polzunov Altai State Technical University

Abstract. Job of reception post was discovered. Issensational documents were analyzed. Univirsal car lift was worked out. Reception documents were reformed new reception documents were included. This documents can be remaked for any car repair shop.

Keywords: car repair shop, company, car service, reception, reception post, client, quality, service.

Предприятие «Check Motors» – это малая станция технического обслуживания в селе Шипуново, которая организована в 2017 году. На СТО имеется 3 универсальных поста технического обслуживания и ремонта автомобилей и 1 пост диагностики, они позволяют обслуживать как малотоннажные грузовые автомобили, так и легковые автомобили отечественного и иностранного производства [1]. В перспективе планируется открытие своего магазина запчастей и материалов, что избавит от

необходимости их поиска в сторонних организациях. Предусматривается в плановом порядке организация своего покрасочного цеха, что расширит номенклатуру оказываемых услуг.

Опрос автовладельцев показал, какое впечатление складывается у большинства об автосервисах. В табл.1 представлены основные тезисные моменты восприятия автосервисов.

Таблица 1

Спонтанное восприятие автосервисов

Спонтанное восприятие клиентами официальных сервисов	Спонтанное восприятие клиентами неофициальных сервисов
1	2
Положительное	
Светлое, красивое помещение Экономия усилий «Салон», имидж бренда	Функциональное помещение Индивидуальный подход Компетентный мастер
Нейтральное	
Ремонт Техобслуживание	Ремонт Техобслуживание
Отрицательное	
Расходы «Развод» на деньги Большая трата времени «У нас так принято»	Расходы «Механизаторская база», зачастую грязное помещение (инструменты, масло) Негативные эмоции, нервы

В связи с этим в работе отражены все основы организации сервиса, начиная от основ клиентоориентированности и заканчивая приоритетами максимизации прибыли. Также поэтапно рассмотрены все ключевые процессы: запись на ремонт, подготовка к встрече с клиентом, приемка автомобиля и составление заказ-наряда, выполнение ремонта и оказание услуг, контроль качества и подготовка к выдаче, выдача автомобиля и документации и расчет – описание этапа, на что рассчитывает клиент, кто должен быть ответственным за данный этап и возможные помехи при реализации процесса.

Был проведен сбор пакета документов для приемки автомобилей на предприятиях по ремонту и обслуживанию автомобилей: Лаборатория новых систем автомобилей (АлтГТУ), дилерский центр «Альбион-Моторс», дилерский центр «Автоцентр АНТ», СТО «Автомат-Сервис» и СТО «Check Motors». Проанализировав полученные документы, было решено преобразовать приемочные документы на СТО «Check Motors», а также ввести новые формы документов для улучшения сервисного обслуживания и облегчения восприятия сотрудниками. Данные документы унифицированы и могут использоваться любого СТО.

После проведенного анализа существующих конструкций подъемников [2] была предложена разработка короткоходового подъемника. Основой для его установки является бетонный фундамент, а основными элементами подъемника являются опоры гидроцилиндра, опоры стоек, стойки, гидроцилиндр четырехштоковый для подъема кузова автомобиля САЗ-3502, который присоединяется к подъемной раме посредством шарнира, поэтому направление

движения осуществляется не только по вертикали, но и по горизонтали. Основным преимуществом короткоходового подъемника является малое время подъема автомобиля. Поскольку он установлен над неглубокой канавой, это упрощает доступ к подднищевой зоне транспортного средства и при подъеме на неполную высоту беспрепятственно проводить осмотр элементов подвески. Также, просчитав его себестоимость, можно отметить, что она получается значительно ниже, чем покупка нового подъемного оборудования.

В работе приведена техника безопасности и охраны труда на данном предприятии, что важно для снижения уровня травматичности выполняемых работ и минимизации вредного воздействия на организм [3].

Были проведены технологический [4] и экономический [5] расчеты, а именно, расчет производственной программы, численности персонала, производственной площади, потребности в технологическом оборудовании, также дана финансовая оценка проекта разработки участка приемки, которые обосновывают и подтверждают необходимость реконструкции СТО «Check Motors».

Модернизация станции технического обслуживания позволит ускорить процесс и повысить качество ремонтных работ, проводимых на СТО. Улучшение качества обслуживания клиентов, расширение ассортимента предоставляемых услуг, соблюдение ТБ и требований охраны окружающей среды, позволяют улучшить качество работы, уменьшить расход денежных средств на производство и обслуживание, запчасти и материалы, что способствует повышению уровня доверия и лояльности клиентов.

Список литературы

1. Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, мини-трактора) [Текст]: положение Департамента автомобильной промышленности Минпрома РФ от 01.11.92 №43 // Собрание законодательства. – 1993.

2. Обзор 11 видов лучших автоподъемников / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stogear.pro/oborudovanie/11-vidov-avtopodemnikov.html>

3. Инструкция по охране труда для слесарей по ремонту и техническому обслуживанию автомобиля [Текст]: типовая инструкция Департамента автомобильной промышленности Минпрома РФ от 27.02.96 №3 // Собрание законодательства. – 1996.

4. Панин, А. В. Технологическое проектирование станций технического обслуживания автомобилей: Учебное пособие. / А. В. Панин – Алт. политех, институт им. И. И. Ползунова. - Барнаул: Б. и., 1990.- 80 с.

5. Пархаев, В.Н. Техничко-экономическое обоснование реконструкции автотранспортного предприятия: Методические указания по выполнению дипломных работ для студентов специальности 15.05 «Автомобильное хозяйство»/Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1996. - 36 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК И СТЕНДОВ ДЛЯ ИХ ДИАГНОСТИКИ И ОЧИСТКИ

А.Н. Либенков

Научный руководитель к.т.н., доцент П.В. Тихомиров

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматриваются разные типы топливных форсунок, их достоинства и недостатки, применяемые стенды для их диагностики и очистки.

Ключевые слова: *автомобиль, форсунка, диагностика, сервис.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF FUEL INJECTORS AND STANDS FOR THE DIAGNOSTIC AND CLEANING

A.N. Libenkov

Scientific Director – candidate of technical sciences, associate Professor P.V.

Tikhomirov

Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. Different types of fuel injectors, their advantages and disadvantages, used stands for their diagnosis and cleaning are considered.

Keywords: *auto, injector, diagnostics, service.*

Топливная форсунка – это распылитель жидкости или газа, управляемая электромагнитным клапаном. Форсунка осуществляет распыление за счёт высокого давления топлива (несколько атмосфер для бензина и сотни - тысячи атмосфер для дизельного двигателя).

К основным характеристикам топливных форсунок можно отнести:

- динамический диапазон работы и минимальная цикловая подача топлива;
- время открытия и закрытия (лаг) форсунки;
- угол конуса распыливания и дальнобойность факела топлива;
- мелкость распыливания и распределения топлива в факел [1].

Важность системы диагностики топливных форсунок состоит в том, что при ее неправильной работе неправильно работает и двигатель.

К основным признакам неисправности форсунок относятся:

- рывки и провалы при увеличении нагрузки на двигатель;
- недостаточная мощность, развиваемая двигателем;
- неустойчивая работа на малых оборотах;
- повышенная токсичность отработавших газов;
- увеличенный расход топлива автомобиля.

Топливные форсунки имеют большое разнообразие в конструктивных исполнениях. Каждое из них имеет свои преимущества и недостатки [2]. Наиболее популярными инженерными решениями систем впрыска топлива стали:

- Механические. Относятся к наиболее старому типу форсунок. Отличаются низкой надежностью. Распыление топлива происходит при достижении давления в топливной магистрали. Время распыления определяется

не электронным блоком управления, а пружиной. В наиболее продвинутом варианте используется две пружины. Это позволяет сделать подачу топлива ступенчатой. Можно рекомендовать установку такого типа форсунок на автомобили с отсутствующей или проблемной электроникой;

- Электромагнитные форсунки. В системе присутствует контроллер, повышающий ее функциональные возможности. Управляющий сигнал подается на электромагнит. Закрытие сопла происходит под действием пружины, что является слабым местом данного типа форсунок. Электронный блок управления полностью контролирует дозировку топлива, обеспечивая преимущество рассматриваемой системы надмеханической;

- Пьезоэлектрические. Данный тип форсунки работает с самым высоким быстродействием. Это обеспечивает возможность неоднократно подавать топливо в камеру сгорания за один такт. Данный тип форсунок рекомендуется устанавливать на турбированные двигатели. Также установка пьезоэлектрического впрыска оправдана для систем с высоким давлением в топливопроводе;

- Электрогидравлические. Считаются наиболее перспективным видом форсунок. Работа основана на разнице давлений над и под иглой. Контроль над всем процессом возложен на ЭБУ. Такие форсунки отличаются надежностью и простотой конструкции;

- Насос-форсунки. В основе лежат другие виды форсунок, управляемые контроллером. Форсунки имеют сложную конструкцию, поэтому часто выходят из строя. Тестирование показало, что их установка улучшает КПД, уменьшает расход топлива и повышает экологичность выхлопных газов.

В настоящее время можно встретить проблему некачественного бензина на АЗС. Некачественный бензин приводит к нарушению работы топливной аппаратуры, а так же к повышенному расходу топлива, что чревато большими финансовыми расходами для владельца автомобиля.

Существуют различные стенды диагностики, промывки и очистки топливных форсунок ДВС, в том числе изготовленные самостоятельно [3]. В таблице 1 приведены наиболее популярные стенды для диагностики и очистки топливных форсунок, используемые на автомобильном предприятии и автосервисах [4,5].

Таблица 1

Стенды для диагностики и очистки топливных форсунок

Название	Преимущества	Недостатки
Диагностический стенд М-108	В конструкцию входит система топливоподачи, система термостабилизации топлива	Высокая цена
Стенды для испытания и регулировки форсунок М-107-CR	Проверка давления в начале впрыска и качество распыления, проверка на герметичность запорного клапана	На данном стенде можно проверить только топливные форсунки отечественного производства

Название	Преимущества	Недостатки
Стенд диагностики и очистки форсунок S6	Очистка топливных форсунок без снятия с двигателя, очистка форсунок с непосредственным впрыском	
Установка для тестирования и ультразвуковой очистки любых типов форсунок LAUNCH CNC-602A	Моделирование реальных параметров работы двигателя в процессе испытаний, позволяет работать с любыми форсунками – как с верхним, так и с боковым подводом топлива	Отсутствие ультразвуковой ванны для очистки форсунок

Таким образом, правильный выбор стенда для диагностики и очистки топливных форсунок основывается на экономических возможностях автосервисного предприятия. Рассмотренные стенды, применяемые в настоящее время для проверки, диагностики и испытания топливных форсунок ДВС во многом схожи. Эти стенды позволяют проводить различные работы с форсунками как непосредственно на двигателе, так и стационарно, предварительно демонтировав форсунки с двигателя.

Список литературы

1. Топливные форсунки: типы, теория, чистка [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ej9.ru/art/injectors-how-to/> (дата доступа 13.10.2018 г.)
2. Диагностика и промывка топливных форсунок (инжектора) [Электронный ресурс]/ URL: <http://tor-avto.ru/tehnicheskoe-obslyjivanie-avtomobilia/promyvka-toplivnyh-forsynok-injektora>(дата доступа 13.10.2018 г.)
3. Либенков А.Н., Сиваков В.В. Разработка стенда для диагностики топливных форсунок автомобиля // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-3 (16-3). С. 43-45.
4. Установка для тестирования и ультразвуковой очистки любых типов форсунок [Электронный ресурс]. URL: <https://vegam.by/p3757242-ustanovka-dlya-testirovaniya.html> (дата доступа 16.10.2018 г.)
5. Стенд очистки форсунок нового поколения [Электронный ресурс]. URL: <http://spb.satom.ru/p/243077149-ctend-ochistki-forsunok-novogo-pokoleniya-triumf-bn1>(дата доступа 16.10.2018 г.)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Д.С. Липовый

Научный руководитель – доцент В.В. Сиваков

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматривается гидравлическая тормозная система легковых автомобилей, способы ее совершенствования.

Ключевые слова: гидравлическая тормозная система, тормозной диск, суппорт.

IMPROVEMENT OF THE HYDRAULIC BRAKING SYSTEM OF PASSENGER CARS

D.S. Lipovyi

Scientific Director - associate Professor V.V. Sivakov
Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. The hydraulic brake system of cars, ways of its improvement is considered.

Keywords: hydraulic brake system, brake disc, caliper.

Количество автомобилей становится все больше и больше, их число увеличивается по всему миру с каждым годом. Ненадлежащее техническое состояние и эксплуатация автомобилей, является одной из основных причин возникновения многих ДТП. Аварии, возникающие из-за отказа различных систем автомобиля, несут за собой самые тяжкие последствия [1].

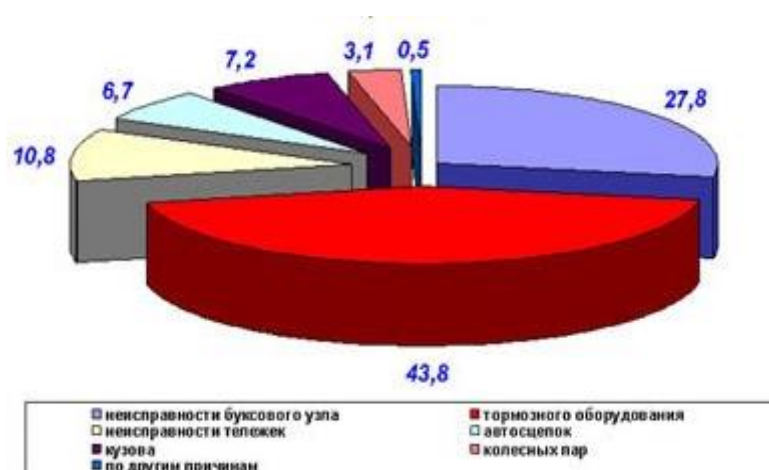


Рис.1. Основные причины дорожно-транспортных происшествий, произошедших из-за неисправности автомобиля за 2015-2018 г.

Анализ показывает (рис.1), что причиной почти половины ДТП является неисправность тормозной системы автомобиля, поэтому задача совершенствования тормозной системы является актуальной.

Существующие виды тормозных систем можно разделить на: механические, гидравлически, пневматические, комбинированные.

На легковых автомобилях применяется преимущественно гидравлическая тормозная система. Принцип действия основан на свойстве несжимаемости жидкости, находящейся в покое, передавать создаваемое в любой точке давление во все другие точки при замкнутом объеме.

Преимуществами гидравлического привода являются: быстрота срабатывания, высокий КПД, простота конструкции, небольшие масса и размеры, удобство компоновки аппаратов привода и трубопроводов;

К недостаткам гидропривода относятся: потребность в специальной тормозной жидкости; возможность выхода из строя при разгерметизации вследствие утечки жидкости; значительное снижение КПД при низких температурах [2].

Основные направления совершенствования тормозной системы:

✓ Установка эффективного перфорированного тормозного диска с увеличенной толщиной и насечками для хорошего охлаждения и очистки от грязевой и водяной пленки;

Важной особенностью тормозных дисков является материал, из которого он изготовлен (рис.2).

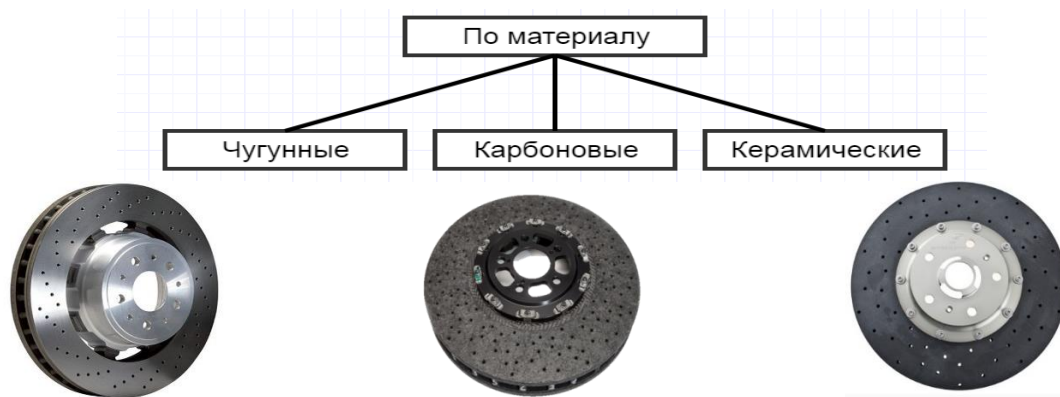


Рис.2. Классификация тормозных дисков по материалу

Чугунные тормозные диски. Популярность дисков объясняется хорошими фрикционными свойствами и невысокой стоимостью производства. Однако, чугун имеет ряд недостатков: при регулярных интенсивных торможениях, возможно коробление диска, диск покрывается сетью трещин и иногда даже рассыпается. Кроме того, такие диски очень тяжелые.

Карбоновые тормозные диски. Вес тормозного диска из карбона существенно меньше металлического, но коэффициент трения выше, и рабочий диапазон здесь простирается далеко за отметку в 1000 °С. Карбоновые диски не коробятся, а снижение неподрессоренных и вращающихся масс положительно сказывается на ходовых качествах автомобиля.

Керамические тормозные диски. Керамика отличается отличной устойчивостью к высоким температурам, высокой стойкостью к коррозии и износу, небольшой удельной массой и высокой прочностью. Кроме того, применение керамики позволяет увеличить на 25% коэффициент трения, а заодно резко повысить эффективность торможения в нагретом состоянии.

Когда тормозные колодки используют под серьезной нагрузкой, из них из-за нагрева начинают выходить газы и повсюду разлетается пыль, из-за чего эффективность торможения падает, поэтому тормозные диски подвергают перфорации. Перфорация, позволяет изменять форму тормозных дисков для эффективного отвода газов и увеличения сцепления поверхностей (рис.3).

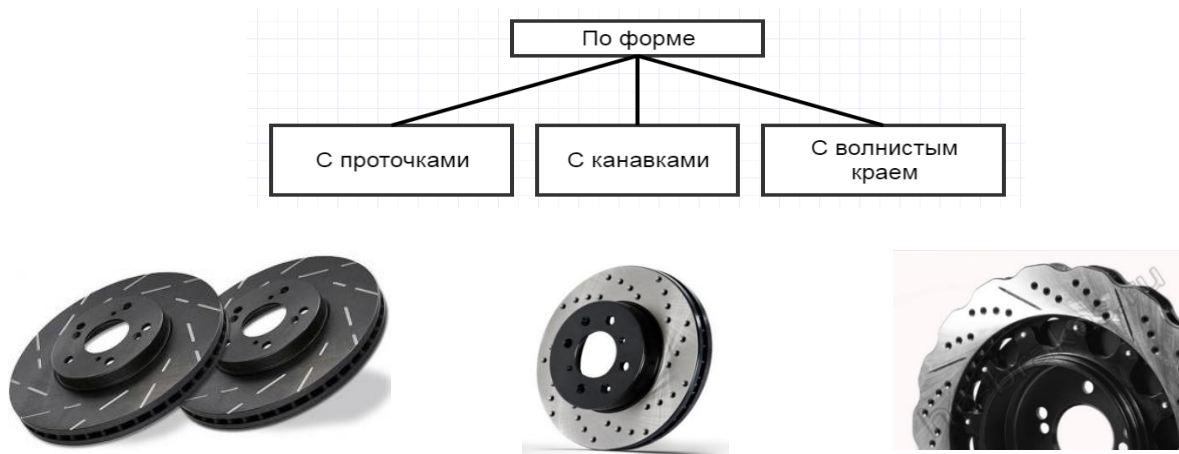


Рис.3. Виды тормозных дисков по форме

Диск с проточками. Шлицы или пазы на поверхности диска позволяют газам своевременно отводиться, скребущие по поверхности тормозных колодок края углублений способны очищать тормозную поверхность от грязи, также увеличивая зацепление при соприкосновении с краями борозд.

Диск с канавками. Поверхностное высверливание части материала с диска, которое оставляет структурную целостность дисков нетронутой, в то же время давая газам и абразиву с колодок место для отвода.

Диск с волнистым краем. Благодаря своей форме, они имеют меньший вес по сравнению с классическим круглым диском, а значит, способствуют снижению нагрузок на обеих осях автомобиля, повышают общий ресурс тормозов.

Так же существует классификация тормозных дисков по типу охлаждения (рис. 4).



Рис.4. Виды тормозных дисков по способу охлаждения

Вентилируемый тормозной диск. Он состоит из двух частей роторов с расставленными между ними каналами для охлаждения. Такая схема позволяет

теплу рассеиваться, предохраняя диск от перегрева, появления трещин, скручивания диска и увеличивая срок службы колодок.

Не вентилируемые тормозные диски. Состоят из однородного ротора и центральной части диска. Дешевый в производстве, недорогой при покупке, разработаны для установки на старые, маломощные и небыстрые автомобили. Разогреваются они быстро, а тепло отводят медленно.

✓ Установка большого суппорта с 4, 6, 8 и более поршнями для достижения высоких характеристик (увеличивается площадь соприкосновения колодки с поверхностью диска, а значит, увеличится эффективность торможения);

Различают всего 2 разновидности суппортов (рис. 5).

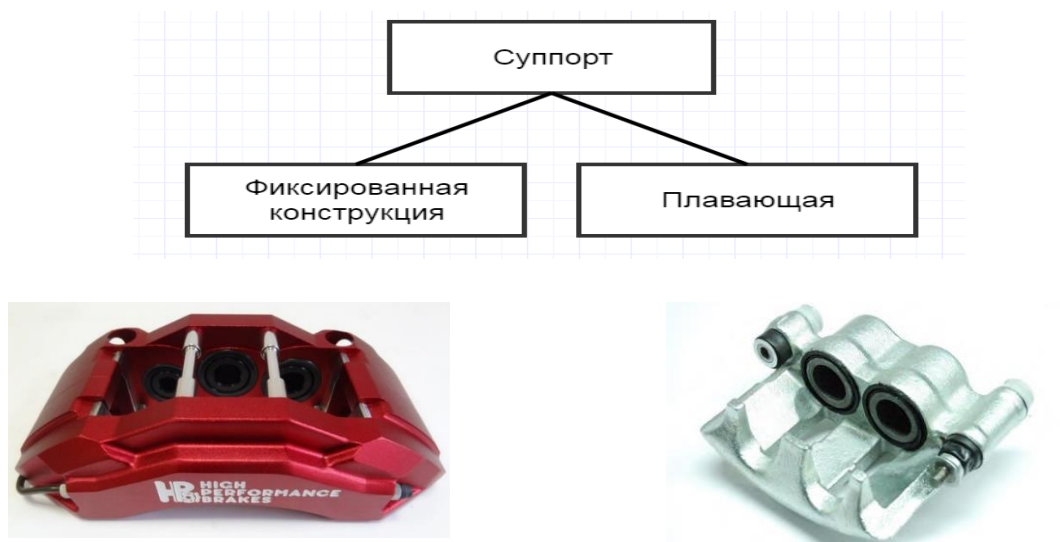


Рис.5. Разновидность суппортов

В суппортах с плавающей скобой, цилиндры устанавливают с внутренней стороны. Таким образом, поршень надавливает на ту колодку, которая размещается непосредственно за ним. То есть первая колодка начинает двигаться, прижимается к диску и в это же время, направляющая скоба прижимает уже вторую колодку.

Суппорт с фиксированной системой представляет собой классический корпус, но с двумя симметричными рабочими цилиндрами. Принцип действия аналогичен суппорту с плавающей скобой. Разница фиксированной конструкции в том, что здесь прижатие колодок к диску происходит одновременно. Соответственно повышается эффективность торможения.

✓ использование тормозных колодок с лучшими фрикционными характеристиками (улучшается контакт между тормозной колодкой и диском и, как следствие, тормозной путь сокращается).

Виды фрикционного материала

Фрикционный материал	Описание
Асбест	Высокий коэффициент трения, а следовательно способствуют снижению износа тормозного механизма.
Полимер	Более жесткие и шумные. Обладают высокой удельной прочностью.

✓ Замена штатных тормозных шлангов на армированные (исключается их раздувание при увеличенном давлении в гидравлической магистрали);

✓ Установка вакуумного усилителя тормозов увеличенного диаметра (для уменьшения времени отклика педали тормоза, что в свою очередь увеличивает эффективность торможения) [3].

Способность автомобиля быстро разгоняться, двигаться с высокой скоростью, быть послушным в поворотах – важно, но, пожалуй, еще более важным является и способность быстро и эффективно замедляться. От этого зависит жизнь не только тех, кто находится в салоне, но и окружающих. Внимательное отношение к работоспособности тормозной системы – это уверенность в автомобиле, которым управляешь, уверенность в безопасности себя и других.

Список литературы

1. Основные причины ДТП: [Электронный ресурс]. URL: <https://cargox.ru/publications/Transport/Reasons-for-the-growing-number-of-accidents-in-Russia/>. (Дата обращения: 10.11.2018).

2. Гидравлический тормозной привод: [Электронный ресурс]. URL: http://wiki.zr.ru/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B4. (Дата обращения: 10.11.2018).

3. Совершенствование тормозной системы: [Электронный ресурс]. URL: https://knowledge.allbest.ru/transport/3c0b65635a2ad69b5c43b89521216c37_0.html. (Дата обращения: 10.11.2018).

АНАЛИЗ ДИАГНОСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

К.В. Липунов

Научный руководитель д.т.н., доцент А.Н.Заикин

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматриваются вопросы диагностики автоматической коробки передач, выполнен анализ периодичности методы диагностики.

Ключевые слова: автоматическая коробка передач, техническое обслуживание, диагностика.

ANALYSIS OF DIAGNOSTICS OF AUTOMATIC TRANSMISSIONS

K.V. Lipunov

Scientific Director - associate Professor A.N. Zaikin
Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. The questions of automatic transmission diagnostics are considered, the analysis of periodicity of diagnostic methods is carried out.

Keywords: *automatic transmission, maintenance, diagnostics.*

Автоматическая трансмиссия является сложным агрегатом, который необходимо правильно эксплуатировать и обслуживать для максимального увеличения ресурса. Автоматическая коробка передач (также автоматическая трансмиссия, АКПП) — разновидность коробки передач автомобилей, обеспечивающая автоматический (без прямого участия водителя) выбор соответствующей текущим условиям движения ступени (передачи).

Прежде всего, регулярная диагностика автоматической коробки необходима для того, чтобы своевременно выявить неполадки на начальной стадии, что позволяет избежать серьезных поломок и дорогостоящего ремонта.

Выхода из строя АКПП может произойти по нескольким причинам: неисправность электроники, механическая неисправность, гидравлическая неисправность, неисправность двигателя. Правильная проведенная диагностика выявления причин выхода из строя автоматической коробки передач сократит затраты на ремонт.

Диагностика неисправностей АКПП требует от ее исполнителя отличного знания устройства трансмиссии и принципов работы ее компонентов. Не менее важным залогом верности постановки диагноза является логическое пошагово решение проблемы. Диагностика вслепую, методом “научного тыка” может привести к пустой трате времени и средств, а порой ситуация может просто ухудшиться.

Таблица 1

Этапы диагностик

Этапы диагностики	Описание
Первичная проверка. Дорожные испытания	В первую очередь выполняется тестовый заезд. В процессе мастер отслеживает все особенности работы коробки «автомат», или «робота», в разных режимах, фиксирует производительность. Первичная диагностика помогает выявить проблему, ориентируясь на различные отклонения. Это могут быть посторонние шумы в работе, отсутствие одной или нескольких передач, рывки, пробуксовка и прочее. В результате круг возможных поломок сужается, однако понять точно, в чем состоит проблема, таким образом невозможно.

Этапы диагностики	Описание
Вторичная проверка	Автомобиль помещается на стенд, после чего проводится тщательный осмотр агрегатов и последующий тест коробки. Как правило, такая диагностика проводится после ремонта или обслуживания КПП. Она позволяет убедиться в качестве выполненных работ и определить степень пригодности машины к дальнейшей эксплуатации. В ходе проверки также выполняется тест-драйв, оценивая таким образом работоспособность узла.
Компьютерная диагностика	Через специальный разъем подключается сканер к блоку управления автомобиля или коробки передач для считывания ошибок. Как правило, это позволяет поставить относительно точный «диагноз», не разбирая коробку.
Плановая диагностика	Проводить такую проверку нужно хотя бы раз в год, например, во время регламентного ТО. Плановая проверка позволяет выявить степень износа коробки и подготовить ее к ремонту. Далеко не все автовладельцы прибегают к этому виду диагностики АКПП. В результате недосмотра они сталкиваются с серьезными поломками, которые влекут за собой дорогостоящий ремонт и временное лишение средства передвижения.

Новые технологии для проведения диагностики требуют применения диагностического оборудования – сканеров, трансмиссионных тестеров, цифровых и аналоговых измерительных приборов.

Диагностика АКПП должна производиться в динамическом режиме демонтажа ее с транспортного средства. После того, как трансмиссия будет демонтирована с автомобиля, единственный способ определения неисправности – проведение точных измерительных работ по замеру величин всех составных деталей АКПП, включая мельчайшие контрольные шарики, сальники, поршни, диски муфт сцепления, деталей электромагнитных клапанов и пр. Проведение данной операции порой может занять довольно продолжительное время. Если опытный специалист в течение тестового заезда выявит пробуксовку АКПП при включении второй передачи, ему сразу станет понятно, что следует уделить внимание состоянию фрикционов промежуточных передач и соответствующих гидравлических контуров [5].

Главными признаками нарушения работы автоматической трансмиссии являются: пробуксовка, рывки при переключении передач, затягивание переключения, возникновение посторонних шумов, утечки и срабатывание контрольной лампы на панели приборов.

Помимо диагностирования автоматической коробки перед ее ремонтом или при наличии признаков неправильной работы агрегата, диагностику необходимо проводить и при полностью работоспособной АКПП с периодичностью в 1-3 года или определенный пробег. Такая мера позволяет своевременно устранить небольшие дефекты в работе коробки передач, способные со временем перерасти в более серьезную поломку.

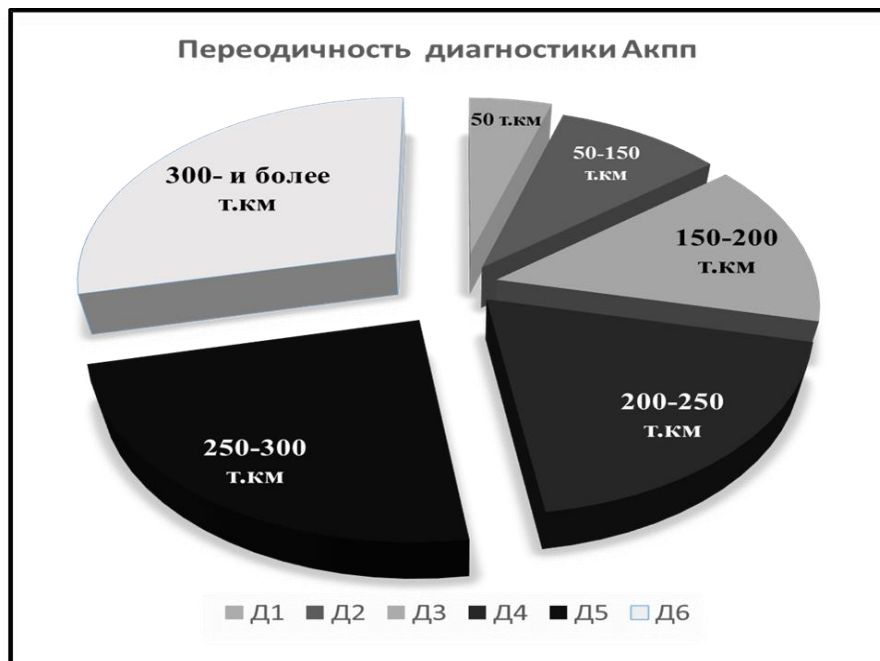


Рис. 1. Периодичность диагностики АКПП

Комплексная диагностика коробки автомат – один из важнейших этапов ремонта АКПП. Во время проведения ремонтных работ диагностика АКПП делается два раза – перед началом работ и после их завершения.

Список литературы

1. Как проверить АКПП: диагностика автоматической коробки передач [Электронный ресурс] // <http://krutimotor.ru/kak-proverit-akpp-diagnostika/>
2. Исправная АКПП – безопасность и удобство вождения автомобиля [Электронный ресурс] // <http://sovavto.org/novosti/ispravnaya-akpp-bezopasnost-i-udobstvo-vozhdeniya-avtomobilya>
3. Харитонов С.А. Автоматические коробки передач Mercedes / Харитонов С.А., Егерев М.А., Нагайцев М.В.: Легион-Автодата. 2004. С 228.
4. Сиваков В.В., Липунов К.В. К вопросу повышения долговечности АКПП// Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. 2017. С. 283-284.
5. Маляренко С.О. Методы диагностики АКПП [Электронный ресурс]// <https://docplayer.ru/46997178-Metody-diagnostiki-akpp-malyarenko-s-o-nauchnyy-rukovoditel-kand-tehn-nauk-malchikov-s-v-sibirskiy-federalnyy-universitet.html>

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.А. Любутин

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом гибридных автомобилей. Автор приходит к выводу, что у гибридных автомобилей существуют свои особенности при ремонте, диагностике и

техническом обслуживании, однако большинство систем обслуживается так же, как и в автомобилях с другими силовыми установками.

Ключевые слова: гибридный автомобиль, автомобиль, техническое обслуживание, ремонт.

FEATURES OF TECHNICAL MAINTENANCE AND REPAIR OF HYBRID VEHICLES

A.A. Lyubutin

Bryansk State University of Engineering and Technology

Annotation. The article deals with the problems associated with the maintenance and repair of hybrid cars. The author comes to the conclusion that hybrid cars have their own characteristics in the repair, diagnosis and maintenance, but most systems are maintained in the same way as in cars with other power plants.

Keywords: *hybrid car, car, maintenance, repair.*

В настоящее время, всем известно, что существуют автомобили как с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), так и с электродвигателем. Но не все знают, что есть и ещё один вид – гибриды. По сути, гибрид представляет из себя некую комбинацию силовой установки из ДВС и электродвигателя. И пусть она не похожа на обыкновенную, большинство агрегатов и систем остаются, в принципе, неизменными. Казалось бы, можно заниматься техническим обслуживанием и ремонтом так же, как и при классическом ДВС. Но в случае с электромобилями и гибридами существует одна оговорка: при работах в разных зонах машины теоретически возможно поражение электротоком высокого напряжения (200-400 В).

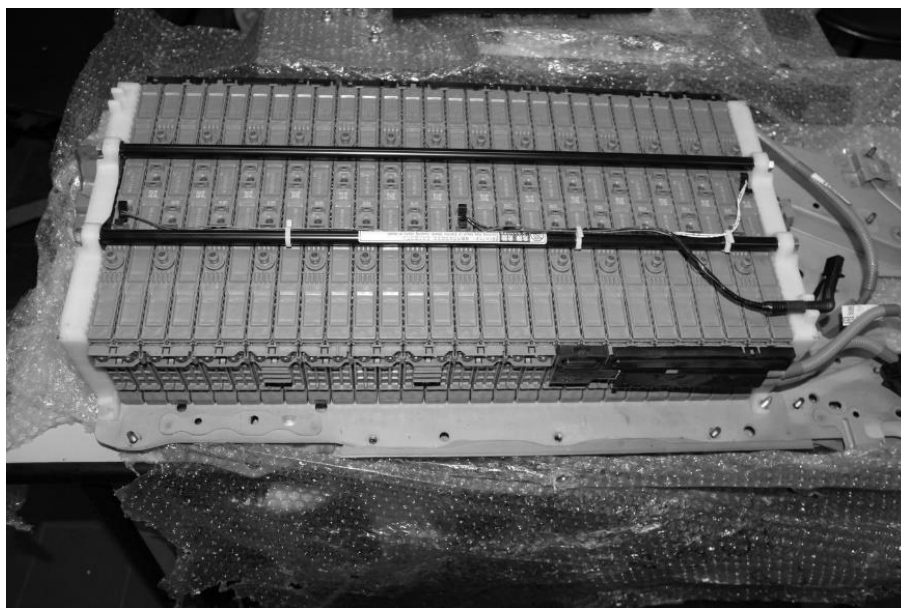


Рис.1. Ячейки аккумулятора

Основные работы по обслуживанию автомобиля с гибридной силовой установкой можно проводить на СТО, но при условии, что персонал:

- 1) имеет квалификацию и диагностические приборы для работ с электронным оборудованием электропривода;
- 2) готов обслуживать тяговую аккумуляторную батарею;
- 3) знаком с техникой безопасности эксплуатации высоковольтного оборудования и имеет соответствующие защитные средства. Это условие самое важное и касается работ, не связанных с электрооборудованием - ведь под высокое напряжение могут попасть некоторые металлические части машины.

Автомобиль с полностью электрическим или гибридным приводом имеет на борту практически одинаковый перечень специального оборудования. Ремонт многих блоков и узлов могут проводить лишь на дилерских СТО – не из-за сложности, а скорее из-за наличия только у дилеров информации и программного обеспечения, а также специальных инструментов. Впрочем, на некоторых независимых СТО сети Bosch Service также имеется все необходимое для такого ремонта. В первую очередь - это программное обеспечение для диагностического оборудования. В целом каких-то принципиально необычных узлов в гибридах нет.

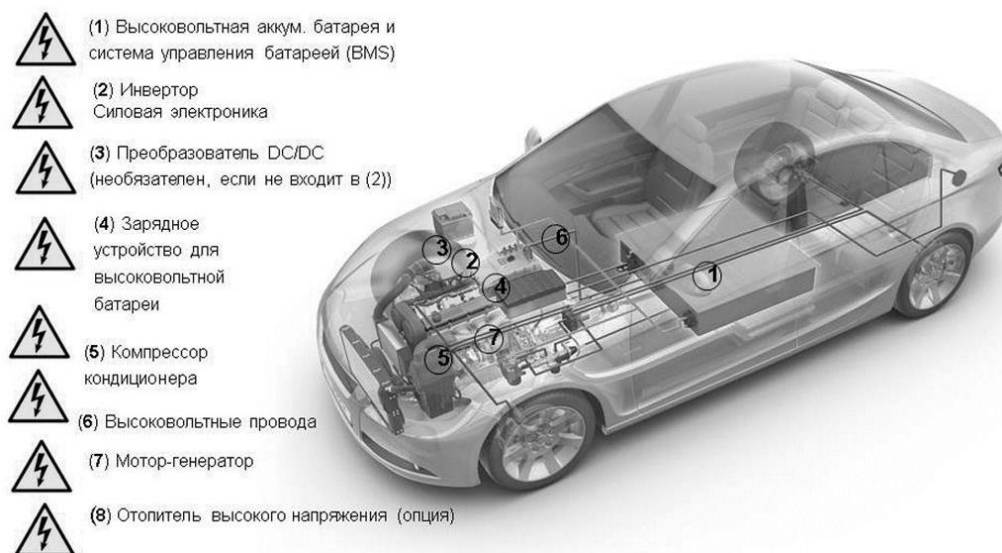


Рис.2. Высоковольтные компоненты в автомобиле

Высоковольтную батарею и силовые кабели гибридов конструкторы прячут в зонах, наименее уязвимых при ДТП. Дополнительная сложность сервиса таких машин заключается в том, что некоторые привычные узлы – компрессор кондиционера, отопитель – питаются не от 12 В, а от цепи высокого напряжения.

На случай внештатных ситуаций – дома, в дороге или на СТО – конструкторы машин с высоковольтной батареей на борту (как электромобилей, так и гибридов) запланировали несколько видов защитного отключения тяговой аккумуляторной батареи. Прежде всего, это SMR (systemmainrele) – главное реле системы, которое автоматически прерывает все силовые цепи в случае ДТП. Для таких ситуаций предусмотрен также сервисный разъем – размыкатель, позволяющий вручную прервать цепь

высокого напряжения в пределах аккумуляторного блока и обесточить таким образом все опасные для водителя и пассажиров компоненты автомобиля. Все сотрудники сервиса, допущенные к работе с гибридами, обязаны знать место расположения этого размыкателя, а также уметь им пользоваться.

Перечень специального оснащения для технического обслуживания и ремонта гибридов невелик: прежде всего - это защитные резиновые перчатки, универсальный ключ-трещотка с изолированной рукояткой и мегаомметр для определения состояния изоляции. А диагностировать параметры электронного оборудования электромобиля и гибрида можно при помощи обычного универсального сканера KTS 590. В его программном обеспечении ESI Tronic заложены все данные, необходимые для проверки присутствующих на рынке гибридов.

Для диагностики некоторых видов тяговых аккумуляторов может потребоваться современный тестер аккумуляторных батарей стандартного образца. Но, кроме материально-технического оснащения СТО, необходимо, чтобы к обращению с гибридами был готов персонал. Работники станции технического обслуживания должны пройти хотя бы элементарную подготовку. Во-первых, им нужен курс по электрике, включающий простейшие правила техники безопасности. Во-вторых, работники должны знать месторасположение и назначение всех компонентов электрооборудования гибридов.

Как за обычным, так и за гибридным автомобилем требуется уход. Есть элементы гибридной установки, которые подлежат плановому техническому обслуживанию. По сути, их всего три, и они являются частью жидкостной системы охлаждения инвертора.

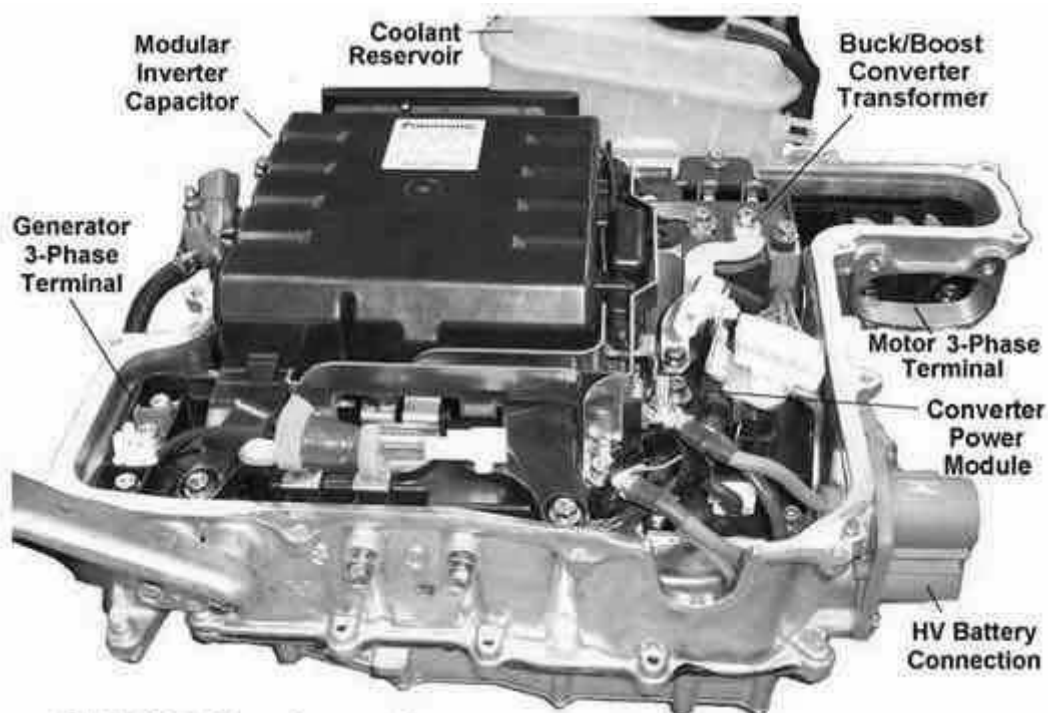


Рис. 3. Инвертор автомобиля ToyotaPrius

Инвертор – это устройство, благодаря которому происходит преобразование высокого напряжения постоянного тока батареи. Он получает команды от блока управления и занимается вращением электродвигателя, а также изменением режимов его работы. Располагается обычно инвертор рядом с ДВС, найти его можно по защитной крышке с надписью HybridSynergyDrive – в зависимости от производителя [6].

Электронное устройство инвертора греется в процессе эксплуатации автомобиля пропорционально выдаваемой мощности. Для того, чтобы температура не достигала критичной, существует система охлаждения. К инвертору подсоединяются шланги с жидкостью охлаждения, которые с обратной стороны соединены с радиатором охлаждения. Циркуляцию жидкости обеспечивает циркуляционный насос системы охлаждения инвертора.

Три элемента, которые подвергаются плановому техническому обслуживанию или ремонту – это циркуляционный насос, радиатор охлаждения и сама жидкость охлаждения системы. Если обслуживание этих элементов не будет производиться в плановом режиме - возможен внезапный перегрев силовых ключей инвертора, а также его выход из строя [5].

Радиатор охлаждения следует подвергать осмотру на предмет засорения грязью и мусором, а также на предмет течей. При необходимости производить его чистку, для того, чтобы он лучше охлаждал инвертор. Важно не спутать радиатор охлаждения инвертора с радиатором охлаждения ДВС, так как это разные системы, не имеющие общего контура. Циркуляционный насос следует менять каждые 100-120 тысяч километров пробега автомобиля. Жидкость охлаждения требует замены каждые два года. Такие рекомендации связаны с тем, что по истечении этого времени химический состав изменяется и жидкость теряет свою эффективность – становится более вязкой, возможно образование осадка. Как следствие – ухудшение эффективности охлаждения.

Также, самый дорогой и проблемный компонент гибрида - его тяговая аккумуляторная батарея - в принципе, подлежит ремонту. Собранные в модули ячейки можно заменять поштучно при выходе их из строя. Поэтому затраты на техническое обслуживание гибрида могут быть ниже, чем на обычном автомобиле. Двигатель внутреннего сгорания выключается, когда автомобиль находится на холостом ходу, а в другое время, например, вождение на низких скоростях, электрический двигатель забирает всю работу на себя. Это означает, что двигатель будет менее подвержен износу. На более мелких гибридах замена масла рекомендуется на 8000, а не на 4000 километров.

Система рекуперативного торможения гибридов и низкая температура в суппортах позволяет сделать вывод, что тормозные колодки и тормоза, как правило, можно эксплуатировать гораздо дольше. В большинстве случаев для гибридных автомобилей регулярное техническое обслуживание не требуется.

Одним из исключений является Ford Escape Hybrid: воздушный фильтр на его электрической аккумуляторной системе должен заменяться каждые 65-80 тысяч километров. Остальное обслуживание других систем производится так же, как и в привычных всем автомобилях с ДВС.

Список литературы

1. Сиваков, В.В. Анализ рынка электромобилей/ В.В. Сиваков, М.В.Песенко// Новые материалы и технологии в машиностроении. 2017. № 26. С. 87-91.
2. Сиваков, В.В.Перспективы использования гибридных автомобилей в России / В.В. Сиваков, К.В. Липунов // В сборнике: Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса материалы III Международной научно-практической конференции в рамках третьего Международного научного форума Донецкой Народной Республики "Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие". 2017. С. 33-36.
3. Раков, В.А. Эксплуатация и обслуживание автомобилей с гибридными силовыми установками: монография / В.А. Раков. Вологда: ВоГУ, 2014. 143 с.
4. Автосервис: особенности техобслуживания электромобилей и гибридов [Электронный ресурс]. URL:<https://www.autocentre.ua/opyt/avtoservis/osobennosti-servisnogo-obsluzhivaniya-elektromobilej-i-gibridov-343445.html> (Дата доступа 04.04.2018 г.)
5. Три главных момента при обслуживании гибридных автомобилей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drive2.ru/o/b/473038215767392580/> (Дата доступа 04.04.2018 г.)
6. Инвертор (электротехника) [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Инвертор_\(электротехника\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Инвертор_(электротехника)) (Дата доступа 04.04.2018 г.)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АКВАПЛАНИРОВАНИЯ (НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ)

А.С. Любченко

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. В статье обозначены факторы, влияющие на возникновение явления аквапланирования – одной из возможных причин снижения безопасности дорожного движения. Приведен алгоритм анализа данных обследований автомобильных дорог с целью выявления опасных с точки зрения риска возникновения аквапланирования и дальнейшего назначения очередности ремонтов, а также ограничений скорости движения по ним.

Ключевые слова: аквапланирование, лазерное сканирование дорог, водоотвод, риск, колея.

DEVELOPMENT OF METHODS OF ASSESSING THE RISK OF AQUAPLANING (BASED ON DATA FROM LASER SCANNING OF ROADS)

A.S. Lyubchenko

Volgograd state technical university

Abstract. The article identifies the factors affecting the occurrence of the phenomenon of aquaplaning-one of the possible reasons for reducing road safety. The algorithm of the analysis of

data of inspections of highways for the purpose of identification dangerous from the point of view of risk of emergence of aquaplaning and further purpose of sequence of repairs, and also restrictions of speed of movement on them is resulted.

Keywords: *aquaplaning, laser scanning of roads, drainage, risk, track.*

Безопасность движения транспортных средств по дороге напрямую зависит от степени увлажненности покрытия. Обеспечение водоотвода на автомобильных дорогах является важнейшей из задач, которая стоит перед дорожниками на различных стадиях «жизни» транспортных сооружений – начиная со стадии проектирования, при последующей эксплуатации, а также при рассмотрении необходимости ремонтных мероприятий, реконструкции. Необеспеченный водоотвод и, соответственно, застой жидкости на поверхности дороги, приводит к преждевременному разрушению дорожного полотна, а также снижает показатели безопасности, т.к. на мокром покрытии резко ухудшаются сцепные свойства покрытия. Кроме этого, при возрастании слоя воды на поверхности может возникать такое явление как аквапланирование. В этом случае вероятность возникновения ДТП и их тяжелых последствий еще более возрастает.

С целью разработки методики оценки риска возникновения аквапланирования на основе данных обследований автомобильных дорог (методом лазерного сканирования) автор статьи была направлена на научную стажировку в Федеральный дорожно-исследовательский институт (Bundesanstalt für Straßenwesen, Deutschland) по совместной программе Министерства образования и науки РФ и Германской службы академических обменов DAAD «Михаил Ломоносов».

Анализ технической литературы, исследований как российских, так и германских ученых показывает, что при наличии очень большого числа влияющих на степень увлажнения покрытий факторов (Табл. 1), основными факторами, влияющими на возникновение явления аквапланирования, являются скорость движения автомобиля, интенсивность дождя, длина стока, уклон поверхности, наличие неровностей на покрытии, шероховатость покрытия и сцепные качества протектора автомобиля (рис. 1).

Таблица 1

Факторы, оказывающие влияние на степень увлажнения покрытий
дорог [1].

Факторы влияния		Фаза выпадения дождевых осадков	Фаза осушения (после дождевых осадков)
Погодные условия	Интенсивность дождя	●	
	Продолжительность дождя	●	
	Ветер	●	●
	Влажность воздуха	○	●
	Температура воздуха	○	●
	Солнечная радиация	○	●
	Облачность	○	●

Факторы влияния	Фаза выпадения дождевых осадков	Фаза осушения (после дождевых осадков)	
Дорожные условия	Форма поверхности дороги	●	○
	Шероховатость	●	○
	Уклон поверхности	●	○
	Длина стока	●	
	Наличие и условия работы дренажных сооружений	●	●
	Отражающие способности поверхности		●
	Теплопроводность		●
Дорожное движение		●	●
		● – Сильное влияние	
		○ – Слабое влияние	



Рис.1. Основные факторы, влияющие на возникновение аквапланирования

Влияние такого фактора как сцепные качества покрышки – толщина и рисунок протектора, является объектом многочисленных исследований фирм-производителей автомобильных покрышек. В условиях же эксплуатации дорог невозможно каким-то образом оценить эти показатели для движущегося потока и тем более повлиять на эти показатели.

Группа факторов - интенсивность дождя, длина стока, уклон поверхности, наличие неровностей на покрытии, шероховатость покрытия,- оказывают непосредственное влияние на толщину слоя жидкости на поверхности – главный показатель при оценке риска возникновения покрытия. При этом необходимо отметить, что при рассмотрении явления аквапланирования опасным является слой жидкости, находящийся над выступами шероховатости материала покрытия (h_i).

Оставшийся фактор влияния - скорость движения автомобиля, возможно регулировать, что, при грамотной оценке рисков, позволяет решать проблему.

Таким образом, через оценку риска возникновения аквапланирования на основе расчета слоя жидкости на поверхности, можно снизить риск аквапланирования посредством ограничения скорости движения на опасном участке либо проведением мероприятий, направленных на улучшение водоотвода.

Ключевому вопросу расчета слоя жидкости на покрытии посвящено достаточно большое число исследований, однако до конца этот вопрос (вследствие большого числа вариаций влияющих факторов) все же не проработан. При этом, несмотря на сложность расчета h_i , есть необходимость автоматизации этого процесса для выявления особо опасных участков на протяжении всей сети дорог для безотлагательного введения соответствующих мер. Поэтому методику оценки необходимо разрабатывать на основе данных, получаемых при обследовании дорог, проводимых в настоящее время при помощи лазерного сканирования. Метод лазерного сканирования позволяет получать модель поверхности дорог и, соответственно, выявлять участки с плохим водоотводом.

Немецкими учеными разработаны две модели для оценки слоя воды на покрытии. Первая модель, разработанная профессором Ресселем [2], основана на экспериментальных данных, проведенных им для пяти типов покрытий. Полученные экспериментальные данные позволили получить значения коэффициентов в формуле для расчета толщины пленки жидкости (1):

$$d[mm] = c \cdot Q^\alpha \cdot s^\beta \quad (1)$$

где: - c - коэффициент, зависящий от материала покрытия (значения для пяти вариантов покрытий, исследуемых проф. Ресселем, представлены в табл. 2); Q – уклон поверхности, %; s – приток воды; α, β - эмпирические коэффициенты.

Таблица 2

Значения коэффициента “ c ” (1) для различных материалов поверхности дороги [2]

Материал покрытия	Бетон с джутовым армированием	Бетон	Литой асфальтобетон н 0/8	Щеб.-мастичный асфальтобетон 0/11 (щеб. 2/5)	Щеб.-мастичный асфальтобетон 0/8 (щеб. 1/3)
Значение коэф. c	0,35	1,02	1,21	0,85	0,76

Также под руководством проф. Ресселя была создана прогрессивная на момент её разработки компьютерная программа Planus для моделирования h_i . Но данная программа имеет недостаток – она не учитывает неровностей поверхности дороги. Кроме этого, модели, основанные только на экспериментальных данных, не всегда дают верный результат вследствие недоучета большого количества других возможных факторов влияния на конечный результат. Поэтому под руководством проф. Ресселя была выполнена еще одна научная работа, защищена докторская диссертация [3], в которой помимо участия данных экспериментальных исследований, были заложены теоретические зависимости из области гидравлики и гидродинамики.

Результатом данной работы явилось компьютерное приложение, рассчитывающее слой жидкости на поверхности дороги с учетом неровностей покрытия. Данная программа является большим достижением в области анализа процессов стока воды с дорожного полотна, однако массовое ее применение затруднено. Одна из главных причин – необходимость ввода и «подгона» под сетку, заложенную в программе, данных лазерного сканирования дорог. При необходимости оценки толщины пленки воды на больших участках или сети дорог, задача становится очень трудоемкой. Однако, результаты исследований немецких ученых все же могут быть применены и для российских условий, но, само собой разумеется, необходимы некоторые преобразования и адаптация для возможности использования непосредственно при работе с российскими автоматизированными базами дорожных данных (далее – АБДД). Результатом такой оценки должны стать рекомендации по планированию мероприятий на участках дорог или ограничению скорости движения. При рассмотрении данного вопроса были выявлены 3 возможные ситуации, требующие различного подхода к назначению дальнейших мер и разработан соответствующий алгоритм (рис. 2).

Вначале выявляются участки дорог с уклонами, близкими к нулю (условие 1). При этом уклон поверхности вычисляется по двум имеющимся в АБДД уклонам – продольному и поперечному по зависимости (2):

$$i' = \sqrt{i_{np}^2 + i_n^2} \quad (2)$$

где i_{np} и i_n – соответственно продольный и поперечный уклон (из АБДД) для каждого участка.

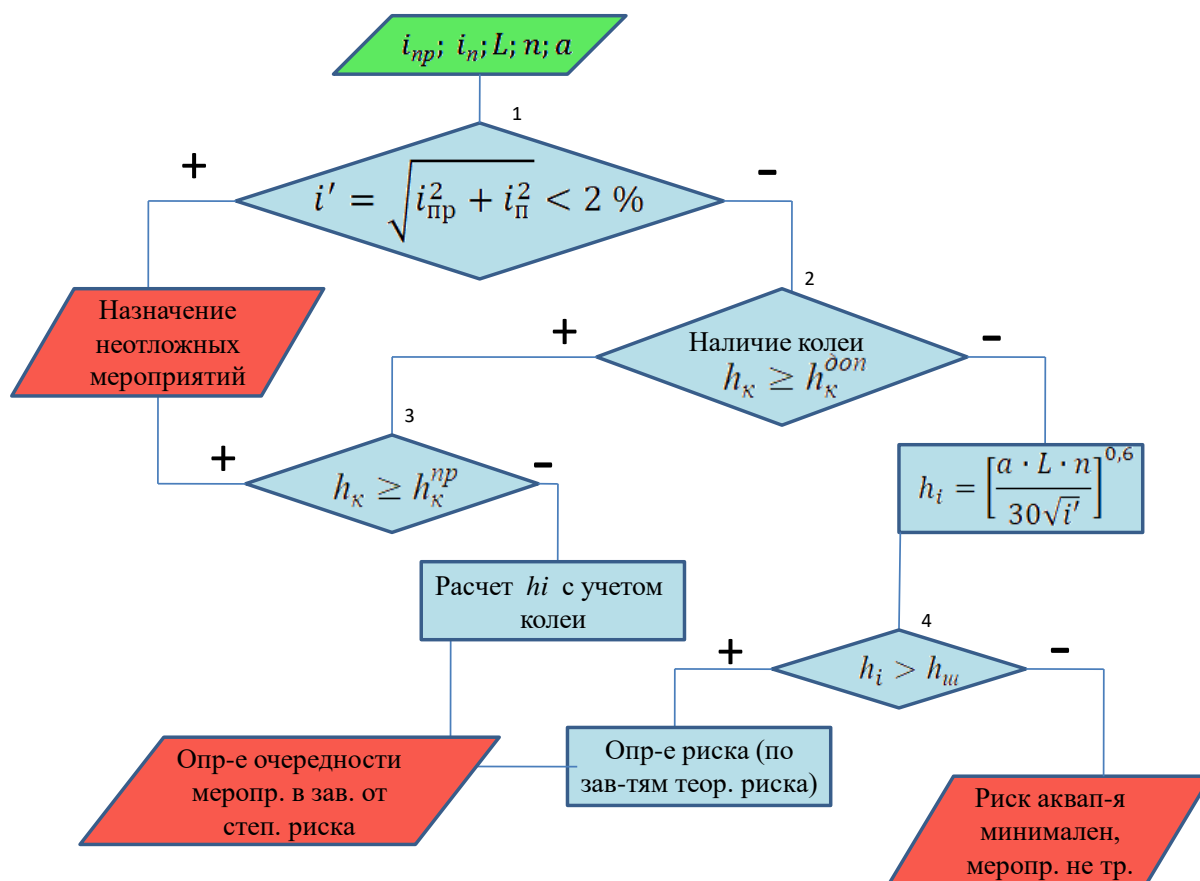


Рис. 2. Алгоритм для определения необходимости мероприятий из соображений минимизации риска аквапланирования

Эти участки должны автоматически выделяться в базе - они подлежат первоочередному ремонту, т.к. застой воды на данных участках приведет к преждевременному разрушению дорожного полотна, снижению безопасности, невозможности обеспечения требуемой скорости движения.

Расчетные значения толщины пленки воды на таких участках обычно очень велики. Некоторые формулы, например (3), неприменимы при нулевом уклоне, некоторые показывают значение h_i стремящимся к бесконечности.

Анализ литературы [1, 2, 3] показывает, что к данному случаю следует отнести все вариации сочетания продольного и поперечного уклонов, при подстановке которых в (2) получаем значение, менее 20 промилей.

Если условие 1 не выполнено, проверяем выполнение условия 2 (рис.3) на наличие колеи. Согласно [5] обозначим глубину просадок по полосам наката, при которой можно говорить о существовании колеи – они соответствуют допустимым значениям в табл. 3, именно эти значения будем принимать при проверке второго условия. При превышении предельно допустимых значений согласно ОДН [5] эти участки относятся к опасным для движения и требуют немедленного проведения работ по устранению колеи.

Таблица 3

Допустимая и предельно допустимая глубина колеи в зависимости от расчетной скорости движения [5]

Расчетная скорость движения, км/ч	Глубина колеи, мм	
	допустимая	предельно допустимая
> 120	4	20
120	7	20
100	12	20
80	25	30
60	30	35

На участках, где предельно допустимое значение глубины колеи не превышено (т.е. считаем, что колея на таких участках отсутствует), определяем толщину слоя жидкости на поверхности по зависимости, предложенной Осиповой Т.В. [4]:

$$h_i = \left[\frac{a \cdot L \cdot n}{30 \sqrt{i'}} \right]^{0,6} \quad (3)$$

где a – интенсивность дождя, мм/мин; L – длина стока, м; n – коэффициент шероховатости поверхности; i' – уклон поверхности дороги.

Результаты, полученные с помощью зависимости (3) сопоставимы с результатами натуральных испытаний, проводимых германским исследователем Нестманом [6].

Полученные значения необходимо сравнить с высотой выступов шероховатости поверхности (разброс значений дан в табл. 4 [2]) (условие 3).

Тип покрытия	Высота выступов шероховатости покрытия
Песчаный асфальтобетон	0,34-0,45
Мелкозернистый асфальтобетон	0,56-1,01
Крупнозернистый асфальтобетон	0,56-1,71
Покрытие с поверхностной обработкой	0,68-2,85
Цементобетон	0,78-1,04
Мощные покрытия	0,06-0,46

При меньших значениях h_i участок считается неопасным с точки зрения аквапланирования и не включается в план мероприятий. А в случае её превышения над высотой выступов шероховатости, т.е. когда пленка воды образуется над выступами материала покрытия, возникает опасность аквапланирования. Тогда необходима оценка риска его возникновения (с помощью зависимостей теории риска). В свою очередь, при известном риске, и назначении его предельно допустимых значений, возможно определение скорости, соответствующей такому риску, а значит и установление ограничений скорости на опасных участках с планированием дальнейших ремонтных мероприятий. Очередность мероприятий устанавливается в соответствии с рисками.

Если при проверке условия 2 глубина существующей колеи больше допустимых значений, расчет толщины пленки воды должен вестись с учетом этого обстоятельства. При этом необходимо проверить выполнение условия 4 – на превышение предельно допустимых значений глубины колеи. В случае превышения участки также подлежат неотложному ремонту как наиболее опасные. В противном случае глубина жидкости на поверхности может быть определена с помощью зависимостей, представленных в работе немецких ученых [6], полученных экспериментальным путем. Один из графиков для определения h_i в зависимости от продольного и поперечного уклонов и интенсивности дождя по [6] представлен на рис. 3.

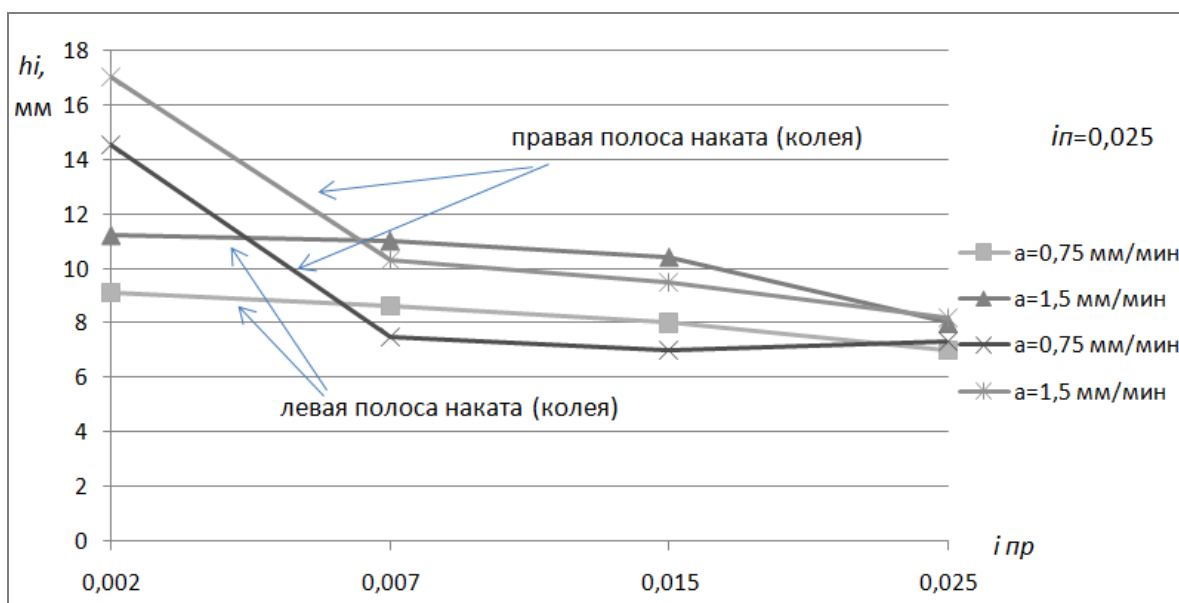


Рис. 3. График зависимости глубины слоя жидкости на поверхности дороги при наличии колеи в зависимости от продольного и поперечного уклонов и интенсивности дождя по [6]

Далее, после определения h_i , необходимо, как описано выше, определить степень риска и соответственно, установить очередность мероприятий.

Таким образом, установлен алгоритм обработки данных обследований автомобильных дорог с целью определения риска возникновения аквапланирования и назначения соответствующих мероприятий.

Список литературы

1. Euler, G.; Schroeder, R.C.M.; Lang, J. et al. (1988): Ermittlung der zeitlichen Feuchte- und Naesseverteilung auf Fahrbahnen. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 567; herausgegeben vom Bundesminister fuer Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg.

2. Ressel, W.; Hermann, S.: Aquaplaning und Verkehrssicherheit in Verwindungsbereichen dreistreifiger Richtungsfahrbahnen – Berechnung der Wasserfilmdicke. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 997, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 2008.

3. Wolff, A. Simulation of pavement surface runoff using the depth-averaged shallow water equations. Dissertation, Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Heft 45, Stuttgart, 2013.

4. Осипова Т. В. Проектирование автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения автомобилей на участках возможного глиссирования: 05.23.11 Осипова, Татьяна Викторовна Проектирование автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения автомобилей на участках возможного глиссирования (С использованием теории риска) : Дис. ... канд. техн. наук : 05.23.11 Саратов, 2005 159 с. РГБ ОД, 61:05-5/3132.

5. ОДН 218.0.006-2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог; Росавтодор, 2002.

6. Nestmann, F.; Krohmer, R.; Bernhart, H.: Wasserfilmdicken in Abhängigkeit von Neigungen, Unebenheiten und Regenintensivitäten, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 728, Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1996.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ГОРОДСКИХ ДОРОГ

А.И. Марковнина, А.В. Папунин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Аннотация. В статье представлены теоретические и экспериментальные исследования времени задержки начала движения автомобилей при движении в потоке, обусловленной временем реакции водителя на изменяющиеся условия движения. При экспериментальном исследовании начальным моментом измерений было назначено включение разрешающего сигнала светофора. Наблюдение показало зависимость времени задержки автомобиля от его положения в очереди перед перекрестком со светофорным регулированием. Из-за наличия человеческого фактора накопленная задержка по потоку оказала большое влияние на количество транспортных средств, имевших возможность проехать перекресток за 1 светофорный цикл. Была смоделирована ситуация, при которой все транспортные средства из потока оснащены ассистентом помощи при движении в пробке. Значения задержки транспортного средства в этих условиях зависит не от человека, а от действия электронных систем. Было выявлено, что задержка автомобиля при использовании электронных систем в 5,44 раза меньше задержки вызванной воздействием человеческого фактора. Исследование проводилось на участке ул. Надежды Сусловой в г. Нижнего Новгорода, результаты исследования показали возможность увеличения скорости и интенсивности рассматриваемого реального транспортного потока.

Ключевые слова: *скорость реакции водителя, ассистент помощи в пробке, дорожный затор.*

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF INTELLECTUAL SYSTEMS AID TO THE DRIVER ON THE PASSAGE CAPACITY OF URBAN ROADS

A.I. Markovnina, A.V. Papunin

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

Abstract. The article presents theoretical and experimental studies of the time delay of cars in the stream, due to the time of the driver's reaction to changing traffic conditions. In the study, the initial moment of the measurements is assigned to enable the signal of the traffic light. Observation showed the dependence of the delay time of the car on its position in the queue before the intersection with traffic light regulation. Due to the human factor, the accumulated delay along the flow had a great influence on the number of vehicles that had the opportunity to cross the intersection during 1 traffic light cycle. A situation was simulated in which all vehicles in a stream are equipped with a traffic jam assistant. The values of the delay of the vehicle in these conditions does not depend on the person, but on the electronics. It was found that the delay of the car when using electronics is 5.44 times less than the delay caused by the human factor. The study was conducted on the site st. Nadejda Suslova in Nizhny Novgorod, the model showed an increase in the speed and intensity of the considered real traffic flow.

Keywords: *driver reaction speed, traffic jam assistant, traffic jam.*

В последнее время все чаще выходят новости, связанные с беспилотными транспортными средствами. Крупные автоконцерны так же активно занимаются разработками в сфере беспилотных автомобилей и технологий связанных с ними. В нашей стране вопросы о перспективности разработок беспилотных транспортных средств поднимались в научных трудах Ендачева Д.В. в диссертации «Прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля» и в диссертации «Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду». На 94-й международной научно-технической конференции «Беспилотные транспортные средства: проблемы и перспективы» МАДИ представил экспериментальный беспилотный автомобиль.

Появление беспилотных автомобилей призвано сократить количество ДТП, в возникновении которых существенную роль мог сыграть человеческий фактор: усталость, невнимательность и невысокая скорость реакции водителя. На скорость реакции, как доказано многими исследованиями, оказывает влияние большое число внешних и внутренних факторов, будь то плохие погодные условия, темное время суток или усталость водителя.

На данный момент беспилотные автомобили не получили широкое распространение, но производители автомобилей почти повсеместно стараются внедрить интеллектуальные системы помощи водителю. Одни системы призваны лишь привлекать дополнительное внимание к дорожной обстановке, например, подачей звуковых или световых сигналов водителю, другие, уже более продвинутые, способны вмешиваться в процесс вождения. Возникает вопрос, насколько эффективна работа интеллектуальных систем помощи водителю.

Для проведения исследования был выбран ассистент помощи при движении в пробке (Traffic Jam Assist), как наиболее актуальная система для городского автомобильного движения, особенно в часы пик. Был поставлен вопрос, на сколько возможно увеличение скорости потока и интенсивности движения, если все транспортные средства в потоке будут оснащены

ассистентом помощи при движении в пробке, по сравнению с существующей дорожной обстановкой.

Для исследований был выбран участок на улице Надежды Суловой в Нижнем Новгороде. Схема участка с указанием дорожных знаков и разметки представлена на рис.1.

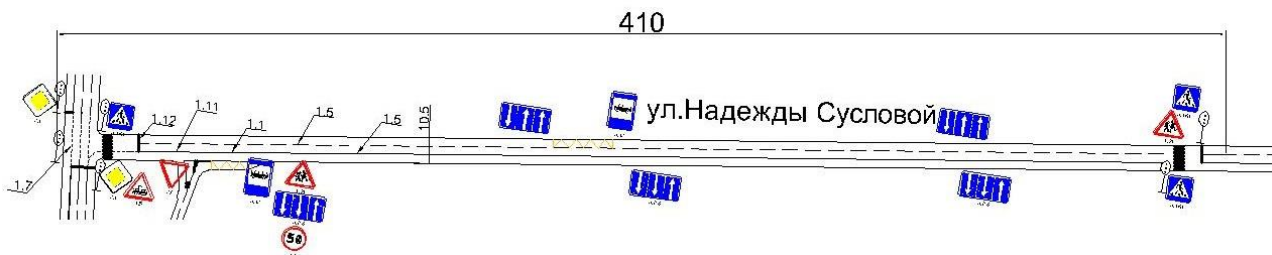


Рис.1.Схема исследуемого участка дороги в среде AutoCad, с указанием дорожных знаков и дорожной разметки

Основным исследуемым параметром было выбрано время задержки транспортного средства, то есть время, проходящее с момента начала движения первого автомобиля до момента начала движения второго и так далее по потоку.

Начало отсчета времени по потоку велось от начала светофорного цикла. За основу вычислений взяты значения задержки по первым шести транспортным средствам в очереди к светофору. Результаты измерений представлены в табл.1.

Таблица 1

Задержка начала движения автомобиля в зависимости от его положения в очереди, сек

№ изм/№авто в очереди	6	5	4	3	2	1
1	0,75	1,27	1,09	0,76	0,75	-0,30
2	1,43	0,20	0,96	0,70	0,72	-0,95
3	1,46	2,07	1,97	0,20	0,50	-1,05
4	1,25	1,99	2,03	2,19	0,99	0,60
5	0,63	2,10	0,86	1,47	0,54	-0,80
6	0,50	2,99	0,46	0,93	2,40	0,50
7	0,83	2,17	1,10	1,16	1,20	-0,60
8	0,56	1,75	0,69	0,86	0,54	0,50
9	0,39	1,07	1,30	1,44	0,84	-0,30
10	0,70	2,30	1,17	0,43	0,72	-0,50
11	1,12	0,66	1,25	0,61	0,52	0,21

Отрицательные значения первого автомобиля обусловлены тем, что обычно водители стремятся тронуться с места еще до включения зеленого сигнала, в то время, когда загорается красно-желтый сигнал.

После проведения измерений и анализа полученных вычислений было установлено, что средняя скорость автомобиля в потоке на исследуемом

участке длиной 410 метров и расчетной плотностью потока 207 автомобилей на километр составила 0,8 м/с, или 2,88 км/ч.

Для получения нового значения скорости далее вычисляется возможное время задержки, которое обусловлено использованием ассистента помощи при движении в пробке.

Вычисления показали, что время одного расчета прогнозируемой траектории движения на 5 секунд вперед (процессор i7, среда Win7, ОЗУ 16Гб) составляет примерно 0,05 с. [3]. Относительно высокое значение дисперсии объясняется задержкой в процессе передачи данных от штатного датчика положения руля до измерительного комплекса, оцененное в 0,05 с (датчик-ЭБУ-CAN_автомобиля-CAN_ИМС-запись).

Суммарная задержка начала движения автомобиля складывается из следующих составляющих:

- 1.Время действия радара – отправка и получение ответного сигнала – 0,05 секунд;
- 2.Принятие решения центральным компьютером – 0,05 секунд;
- 3.Подача сигнала компьютером на механические приводы – 0,05 секунд;
- 4.Срабатывание механических систем, в частности тормозов – 0,1 секунда (рассматривается гидравлический привод).

Время проезда автомобилем исследуемого участка складывается из непосредственного времени движения и простоя. Время простоя можно разделить на время стояния по объективным причинам (светофор, препятствие) и на время стояния по субъективным причинам – внимательность, скорость реакции, принятие решения. Таким образом, время задержки $t_{зч}$ принимается простоем по субъективным причинам и в процессе расчета заменяется на время задержки электроники (суммарно 0,25 секунд). Исключение влияния человеческого фактора позволяет повысить общую скорость движения потока. Так же электронные системы самостоятельно корректирует дистанцию между транспортными средствами, исключая возможность столкновения.

Расчет времени, которое будет затрачиваться на проезд исследуемого участка, произведен по формуле:

$$t_{na} = t_n - t_{зч} * n + t_a * n$$

где $t_{па}$ - полное время проезда участка с использованием автоматических интеллектуальных систем, с;

t_n - полное время проезда участка без ассистента, с;

$t_{зч}$ – время задержки человека, с;

t_a – время задержки автоматических систем помощи водителю;

n – количество автомобилей в заторе.

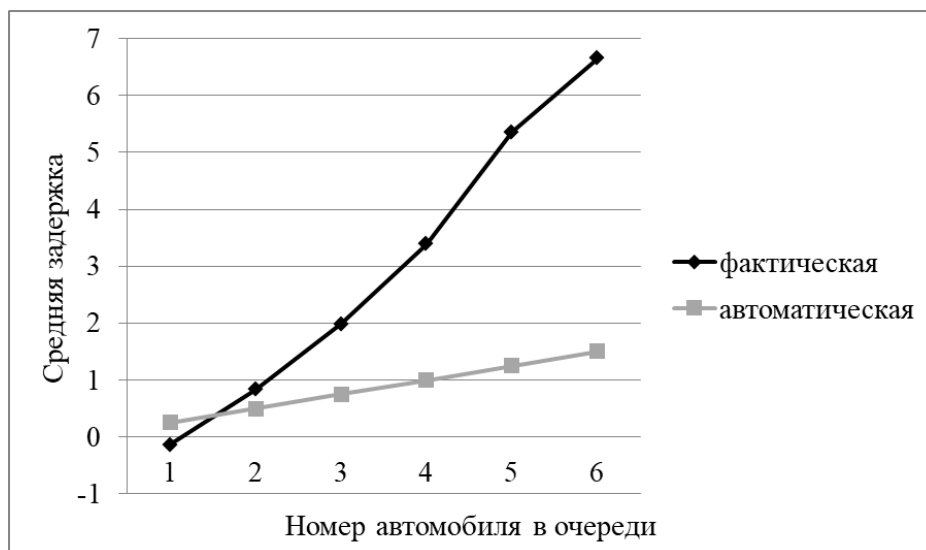


Рис.2. Накопленная задержка начала движения для первых 6 автомобилей в потоке (заторе) с и без использования автоматических интеллектуальных систем помощи водителю

Вычислив новое время проезда участка автомобилями найдена новая прогнозируемая средняя скорость по участку, которая составляет 1 м/с, или 3,6 км/ч. Исходя из полученных данных, благодаря внедрению ассистента помощи при движении в пробке на рассматриваемом участке возможно увеличение скорости на 0,72 км/ч, снижение времени проезда данного участка на 84 секунды, и повышение пропускной способности на 148 автомобилей в час.

Исследование показало низкую скорость потока, большую загруженность данного участка и большое время задержки начала движения транспортных средств. Далее было выдвинуто предположение о возможности использования на транспортных средствах в потоке ассистента помощи при движении в пробке, который направлен на снижение временных потерь, увеличение скорости потока и снижения вероятности возникновения ДТП.

Применение интеллектуальной системы помощи водителю позволяет снизить время задержки начала движения транспортного средства при трогании с места в 5,44 раза, тем самым снизить накапливаемую задержку по всему потоку. В связи с этим увеличить среднюю скорость потока, а так же фактическую интенсивность движения на исследуемом участке.

Список литературы

1. ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог».
2. СНиП 2.05.85. «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ».
3. Ендачев, Д.В. Прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.03 / Ендачев Денис Владимирович; [Место защиты: Науч.-исслед. автомобильный и автотракторный ин-т]. - Москва, 2016. - 185 с.: ил. Колесные и гусеничные машины ОД 61 16-5/2317.

4. Копытова Ю. В. Методы повышения пропускной способности дорог // Молодой ученый. — 2018. — №5. — С. 196-197. — URL <https://moluch.ru/archive/191/48174/> (дата обращения: 07.11.2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ

А.И. Марковнина, А.В. Папунин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Аннотация. Ниже предложен вариант расчета экономической эффективности от внедрения интеллектуальных систем помощи водителю. Возможный эффект от использования которых фактически выражается в сэкономленном водителем и пассажирами времени, на перемещение из некой точки города в другую. Расчет производится на примере использования ассистента помощи при движении в пробке. Полученные результаты свидетельствуют о том, что внедрение рассматриваемого ассистента помощи водителю целесообразно в исключительных случаях наличия дорожных заторов не менее четырех километров дважды в день в часы пик.

Ключевые слова: *скорость реакции водителя, ассистент помощи в пробке, экономическая эффективность.*

STUDY OF THE ECONOMIC EFFECT FROM INTRODUCTION OF INTELLIGENT SYSTEMS AID TO THE DRIVER

A.I. Markovnina, A.V. Papunin

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

Abstract. Calculation of the economic efficiency of introducing intelligent driver assistance systems is offened, the effect of which is actually expressed in time saved. The calculation is made on the example of the assistant in traffic jam. The results indicate that the introduction of the assistant in question is advisable in exceptional cases, the presence of traffic congestion at least four kilometers twice a day at peak hours.

Keywords: *driver reaction rate, traffic jam assistant, economic effect.*

Распространение беспилотных транспортных средств в мире происходит стремительными темпами. Производители утверждают о надежности и о выгоде от использования беспилотных автомобилей. Автомобили, управление которыми осуществляется с помощью электронных систем, а не только водителем, способны предупреждать о возникновении опасных ситуаций на дороге и предотвращать дорожно-транспортные происшествия.

Это не единственный положительный эффект от внедрения автомобилей, использующих интеллектуальные системы помощи водителю. Благодаря наличию этих систем возможно увеличение интенсивности движения транспортных потоков, а следовательно, и сокращения времени, за которое водитель и пассажиры доезжают из одного пункта города в другой.

Возникает вопрос, на сколько экономится время и есть ли экономическая обоснованность установки того или иного дополнительного оборудования на транспортное средство.

Для проведения исследования был выбран ассистент помощи при движении в пробке (Traffic Jam Assist), как наиболее актуальная система в условиях интенсивного городского уличного движения.

Ранее были получены результаты, показывающие что, благодаря внедрению ассистента помощи при движении в пробке на рассматриваемом участке длиной 410 метров скорость увеличилась на 0,72 км/ч (фактическая скорость на участке 2,88 км/ч; с ассистентом 3,6 км/ч), время проезда снизилось на 84 секунды, а интенсивность движения на одной выбранной полосе прямого участка без продольного или поперечного уклона повысилась на 148 автомобилей в час. Применение интеллектуальной системы помощи водителю позволяет снизить время задержки начала движения транспортного средства при трогании с места в 5,44 раза, тем самым снизить накапливаемую задержку по всему потоку. В связи с этим увеличить среднюю скорость потока.

Далее предлагается следующая методика расчета экономической эффективности от установки ассистента помощи при движении в пробке, основывающаяся на уровне заработной платы в исследуемом регионе – Нижегородская область.

Если на исследуемом участке в 410 метров было сэкономлено 84 секунды, то за каждый километр затора возможно сэкономить 205 секунд, или 3 минуты и 25 секунд. Средняя заработная плата по Нижнему Новгороду в марте 2018 года составила 24 500 рублей.

Норма рабочего времени по Трудовому Кодексу РФ составляет 160 часов в месяц, тогда средняя стоимость часа составляет 153 рубля 13 копеек, стоимость минуты, соответственно, 2 рубля 55 копеек [1].

Таким образом, экономия за каждый километр пробки составляет 8 рублей 71 копейка.

Предположим, что среднестатистический нижегородский рабочий ездит на работу утром и с работы вечером и каждый день стабильно попадает в километровый затор и туда, и обратно. То есть, 1 километр затора 2 раза в день 5 дней в неделю 4 недели в месяц 12 месяцев в год. Тогда всего в год нижегородский рабочий стоит в заторах 480 километров. За эти километры можно сэкономить 1224 рубля. Срок службы автомобиля составляет 10 лет, за этот срок экономится 12240 рублей.

Далее необходимо сравнить стоимость оборудования автомобиля ассистентом помощи при движении в пробке и полученной ранее суммы. Для сравнения приводится автомобиль Audi A8. В базовую комплектацию не входит данный ассистент, имеется возможность установки пакет ассистирующих систем «Путешествие», включающий в себя:

• адаптивная система помощи водителю, включая ассистент движения в пробке;

- адаптивный круиз-контроль;
- ассистент сохранения полосы движения;
- ассистент поворота;
- ассистент аварийного маневрирования.

Стоимость системы на новом автомобиле на 6 апреля 2018 года 168 454 р.

Из сравнения видно, что установка рассматриваемой интеллектуальной системы помощи водителю в заданных условиях не выгодна.

Проведя аналогичные расчеты можно понять, при каких условиях установка ассистента будет экономически оправдана. В рассматриваемой ситуации длина затора должна составлять 4 километра утром и вечером.

Если рассматривать регионы с более высоким значением средней заработной платы, более высокой нагрузкой на транспортную инфраструктуру, а так же тенденцию к распространению ассистирующих систем на более массовый класс автомобилей, то экономический эффект может достигать высоких значений.

Данный метод позволяет экономически оценить применение любой интеллектуальной системы помощи водителю, если эффективность применения выражается в единицах времени.

Список литературы

1. Трудовой Кодекс РФ.
2. ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог».
3. СНиП 2.05.85. «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ».
4. Справочник по безопасности дорожного движения: справочное пособие – Москва: РОСАВТОДОР, 2010. 384 с.
5. Ендачев, Д.В. Прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.03 / Ендачев Денис Владимирович; [Место защиты: Науч.-исслед. автомобильный и автотракторный ин-т]. - Москва, 2016. - 185 с.: ил. Колесные и гусеничные машины ОД 61 16-5/2317
6. Копытова Ю. В. Методы повышения пропускной способности дорог // Молодой ученый. — 2018. — №5. — С. 196-197.

ПОВЫШЕНИЕ АДЕКВАТНОСТИ В МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ПРИМЕРЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Е.А. Марчук, А.П. Федин, А.С. Богданов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы адекватности моделей динамических процессов в реальном времени на примере моделирования антиблокировочной системы тормозов автомобиля. Производится анализ существующих разработок и обозначаются перспективы развития нечеткого моделирования в задачах автомобильного транспорта применительно к антиблокировочной системе тормозов автомобиля.

Ключевые слова: адекватность модели, динамическая система, ABS, нечеткая логика.

INCREASING THE ADEQUACY IN REAL-TIME DYNAMIC SYSTEMS MODELING ON THE EXAMPLE OF ANTILOCK BRAKE SYSTEM FUZZY MODELS

E.A. Marchuk, A.P. Fedin, A.S. Bogdanov
Volgograd State Technical University

Abstract. Problems of the adequacy in real-time dynamic system modeling are shown in this paper on the example of car antilock brake system fuzzy models. Perspective aims of fuzzy modeling in automotive are determined usefully to car antilock brake system fuzzy models. Results of the review are analyzed for making a conclusion about the adequacy of antilock brake system fuzzy modeling.

Keywords: *model adequacy, dynamic system, ABS, fuzzy logic.*

Введение

Моделирование динамических систем в реальном времени является сложной инженерной задачей. Как правило, такое моделирование подразумевает насколько это возможно точное описание процесса с нелинейными характеристиками и использование некоторого количества изменяющихся с течением времени параметров. Создание адекватной модели динамической системы в реальном времени предполагает решение ряда проблем. Далее будет рассмотрен один из возможных способов повышения адекватности модели на примере нечеткого моделирования антиблокировочной системы торможения автомобиля.

Проблемы предварительной обработки данных

Главной целью работы антиблокировочной тормозной системы автомобиля является сокращение до минимума тормозного пути при сохранении управляемости во время торможения [15]. Основными входными данными для расчётов ключевых параметров являются угловая скорость (ускорение) колеса и линейная скорость (ускорение) автомобиля. Ключевыми параметрами, определяющими работу системы ABS, являются коэффициент продольного проскальзывания S и коэффициент продольного сцепления колеса с поверхностью дороги φ . Для определения угловой скорости колеса используются в основном импульсные магнитные датчики. Для определения линейной скорости транспортного средства известны несколько способов, основанных на: обработке сигналов датчика частоты вращения выходного вала КПП [13]; одновременной обработке сигналов нескольких датчиков угловой скорости колес автомобиля [13]; обработке данных акселерометра; обработке данных модуля GPS [23], а также различных комбинаций из обозначенных методов [23]. На основании полученных данных программное обеспечение блока управления антиблокировочной тормозной системы (ECU ABS) осуществляет распределение тормозных усилий. Эффективность работы антиблокировочной системы тормозов в целом определяется как погрешностью показаний обозначенных датчиков, так и адекватностью процесса обработки входных данных вычислительным устройством [6]. Отсюда следует необходимость стремления к высокому уровню точности соответствия

приближений реальным значениям параметров при моделировании и расчете движения автомобильного колеса. Удовлетворительный результат первичной обработки сигналов датчиков в настоящее время в большинстве случаев может достигаться различными программными реализациями метода фильтра Калмана [17]. Для последующей обработки данных могут применяться методы с использованием PID-контроллера, методы оптимального контроля с выполнением условия устойчивости в смысле Ляпунова, методы нелинейного контроля и др. [11]. Одним из наиболее полно удовлетворяющих обозначенным требованиям по отношению к адекватности моделирования движения автомобильного колеса в режиме торможения в реальном времени видится метод применения нечеткой логики, обозрению которого посвящается настоящая статья.

Проблемы обработки данных в реальном времени

Заметим, что модели, предполагающие решение дифференциальных уравнений и их систем, требуют значительных затрат машинного времени, необходимого для расчета моделируемого процесса, что в свою очередь является критически важным при расчетах в режиме реального времени. К примеру, численное решение системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающей движение колеса в режиме экстренного торможения, приводимой в [1] является устойчивым в смысле Ляпунова. Однако, при этом в решении данной системы уравнений может возникать неустойчивость, являющаяся следствием используемых методов численного решения, в частности с выбором шага интегрирования. С уменьшением шага интегрирования повышается точность вычислений, но при этом возрастает время счета. На практике использование численных методов с задаваемой степенью точности вычислений, например Рунге-Кутты IV-го порядка, лишь отчасти решает проблему недостатка вычислительных мощностей. [2], [7] Проблема повышения скорости счета при сохранении заданной точности вычислений может быть решена за счет использования вычислительного элемента ЭБУ большей производительности, например графических процессоров общего назначения [8], что, соответственно приведет к подорожанию ЭБУ. При разработке модели ABS следует учитывать в настоящий момент экономически неприемлемую для серийного производства блоков управления высокую стоимость высокопроизводительных графических процессоров. Одним из возможных альтернативных методов представления модели процесса торможения колеса в реальном времени с учетом прилагаемых тормозных усилий и позволяющий исключить системы дифференциальных уравнений, как промежуточный этап вычислений, является метод нечеткой логики с использованием лингвистических переменных. Использование лингвистических переменных, применяемых в нечеткой логике, потребует значительно меньшей мощности вычислительного элемента ЭБУ [12].

Нечеткое моделирование

Наибольшее распространение данный математический аппарат получил в теории автоматического управления. К построению таких моделей прибегают в случае, когда предмет исследования имеет слабую формализацию и его точное

математическое описание слишком сложное или неизвестно. Сложность точного математического описания процессов при торможении автомобильного колеса в реальном времени определяет выбор данного метода.

При разработке модели антиблокировочной тормозной системы автомобиля циклы ABS проектируются таким образом, чтобы для нескольких различных условных типовых случаев торможения использовались значения параметра ϕ - оптимальные для каждого случая. На основании обработки данных датчиков, бортовой компьютер определяет характер поверхности дорожного покрытия [20]. В зависимости от типа дорожного покрытия будет использоваться один из нескольких типовых сценариев работы цикла ABS, сохраняющий величину параметра S соответственно максимальному значению функции ϕ для данного дорожного покрытия посредством увеличения/уменьшения давления в тормозной системе [15], [20]. Как можно видеть на графическом отображении процессов [15], [20], протекающих во время торможения, возможно соотнести с привязкой к моменту времени происходящие процессы изменения скорости автомобиля, ускорения колеса, длительности открытия клапана, давления в системе (рис. 1).

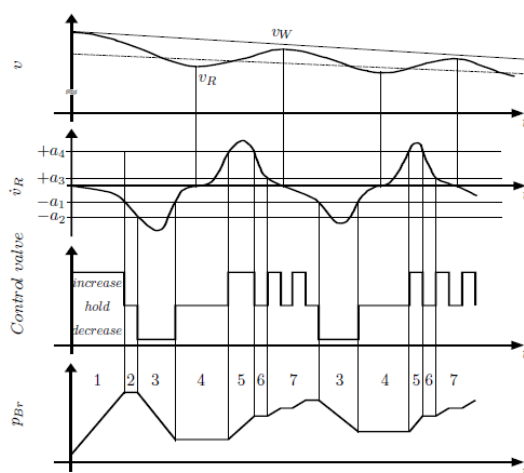


Рис. 1. Графическое отображение процессов изменения скорости, ускорения, длительности открытия клапана, давления в системе во время торможения [15]

Согласно теореме о нечеткой аппроксимации [16], доказанной в 1992 г. Б.Коско, любая математическая система может быть аппроксимирована системой на нечеткой логике. Как следствие, с использованием естественно-языковых высказываний «если-то» с последующей их формализацией средствами теории нечетких множеств без использования сложного аппарата дифференциального и интегрального исчисления можно сколь угодно точно отобразить произвольную связь «входы-выход». При этом современный уровень развития математического аппарата нечеткой логики обеспечивает возможность исследования устойчивости нечетких систем методом Ляпунова. Поскольку нечеткие модели хорошо зарекомендовали себя в использовании при решении задач оптимизации в режиме реального времени, применение их в

моделировании антиблокировочной системы тормозов автомобиля видится перспективным, эффективным и обоснованным. В настоящее время существует несколько нечетких моделей ABS, оперирующих большим или меньшим числом тех или иных параметров и лингвистических правил [5], [14], [22]. Так, например, в учебной модели [5] в качестве входных лингвистических переменных предлагаются только коэффициент проскальзывания и скорость его изменения. При этом для коэффициента проскальзывания вводится пять функций принадлежности, а скорость изменения коэффициента проскальзывания учитывается только с точки зрения увеличения или уменьшения [5]. Имеющая реальное применение в автомобилях Nissan нечеткая модель Takahashi более сложна за счет большего числа входных параметров и их градаций. Рассмотрим нечеткую модель антиблокировочной системы тормозов автомобиля Nissan, использующую вывод Мамдани и дефаззификацию по методу центра тяжести [22]. В качестве входных параметров данная модель использует скорость транспортного средства, скорость каждого отдельного колеса, коэффициент продольного проскальзывания каждого колеса, а также первую и вторую производную по скорости транспортного средства и колеса. Модель использует восемнадцать лингвистических правил, каждое из которых описывает различные комбинации указанных параметров. В качестве примера приведем правило LCR 10: «*Если ускорение колеса положительно и скорость автомобиля велика, то давление положительно и невелико*» На выходе получаем численное значение весового коэффициента для давления в тормозной системе. Операции с нечеткими множествами, выполняющими условие правила LCR 1 и правила LCR 10 рассматриваются в качестве примеров. Как видно, используется операция нахождения минимума, последующее объединение нечетких множеств и дефаззификация методом центра тяжести (рис. 2).

Заметим, что в настоящее время представляет существенное затруднение ознакомиться с наборами правил для реальных систем: компании-разработчики тщательно скрывают подобную информацию, так как она содержит ноу-хау, полученное за десятки лет инженерного труда, многочисленных испытаний, проб и ошибок [3].

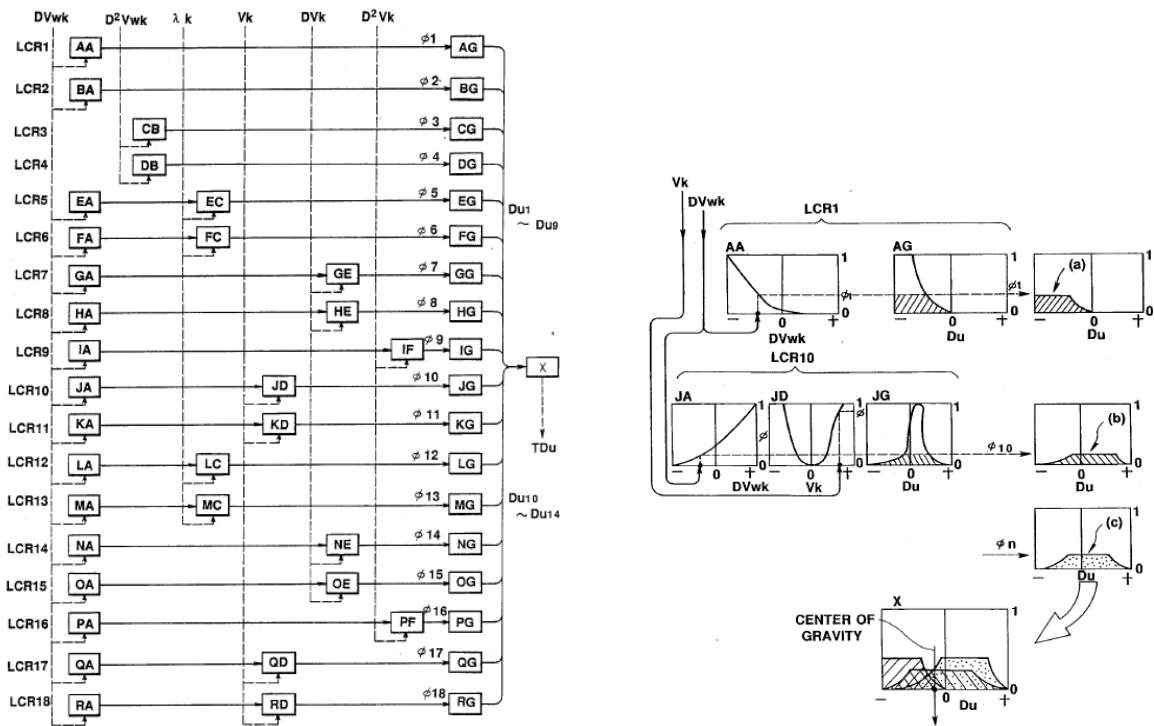


Рис. 2. Слева - база лингвистических правил, используемая в нечеткой модели системы ABS автомобиля Nissan; справа - операция нахождения минимума, последующее объединение нечетких множеств и дефаззификация в модели Nissan [22]

Анализ существующих моделей и перспективы развития

Подтверждением эффективности рассматриваемых методов, основанных на принципах нечеткой логики, могут послужить результаты создания нечетких моделей под управлением fuzzy-контроллера в MATLAB группы исследователей [14]. Верхняя кривая показывает изменение скорости транспортного средства с течением времени, нижняя кривая показывает изменение скорости колеса с течением времени в процессе торможения. Левый график демонстрирует модель без применения fuzzy-контроллера, на правом графике – нечеткая модель под управлением fuzzy-контроллера (рис. 3).

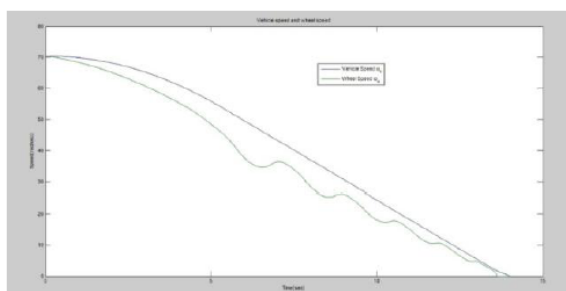


Figure 7. Vehicle And Wheel Speed Variation During Braking Without Fuzzy

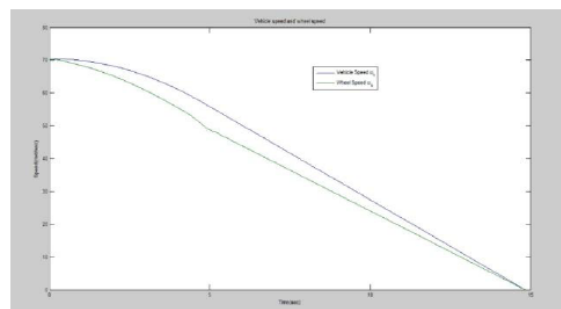


Figure 10. Graph Showing Vehicle and Wheel Speed During Braking

Рис. 3. Изменение линейных скоростей колеса и автомобиля с течением времени в процессе торможения [14]

На следующих двух графиках показано изменение коэффициента продольного проскальзывания колеса с течением времени в процессе торможения. Левый график демонстрирует модель без применения fuzzy-контроллера, на правом графике – нечеткая модель под управлением fuzzy-контроллера (рис. 4).

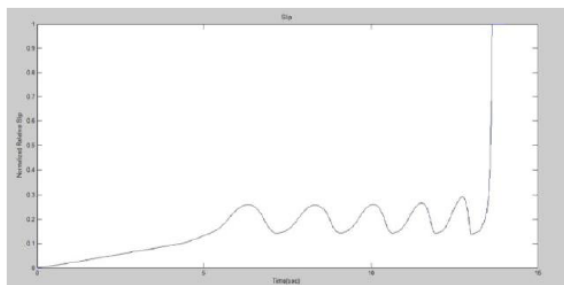


Figure 8. Graph Showing Variation Between Slip And Time Without Fuzzy

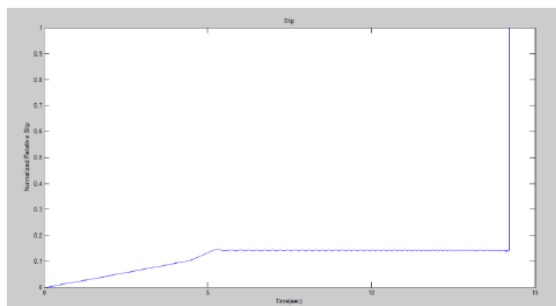


Figure 11. Graph Showing the Value Of Desired Slip Vs. Time

Рис. 4. Изменение коэффициента продольного проскальзывания колеса с течением времени в процессе торможения [14]

На втором графике наглядно демонстрируется практически ровный участок кривой, находящейся вблизи значения коэффициента продольного проскальзывания колеса, который для конкретного типа дорожного покрытия соответствует максимуму значения коэффициента продольного сцепления колеса с поверхностью дороги на диаграмме $\varphi - S$.

Реализации методов нечеткой логики в моделировании могут быть различными. В значительной мере адекватность нечеткой модели зависит от полноты представлений о сущности реального процесса. Приведенные выше способы реализации нечетких моделей антиблокировочной системы тормозов автомобиля демонстрируют высокую степень соответствия моделей реальным процессам [14], [19], [21], [22]. Заметим здесь же, что в существующей нечеткой модели антиблокировочной системы тормозов автомобиля Nissan в качестве функций принадлежности в основном используются несимметричные кривые вида распределения Гаусса, параболические и экспоненциальные кривые, очевидно, в большей степени соответствующие описанию реальных закономерностей [4], [19], [22]. В то же время, практически все функции принадлежности, встречающиеся в учебных пособиях и исследовательских статьях, очевидно, для упрощения моделирования, описываются ломаными, состоящими из 2-3 прямых линий (Z , λ , π , S функции принадлежности). Относительно производительности ЭБУ, используемых в нечетких моделях, заметим, что в некоторых существующих серийных образцах ECU ABS используются микропроцессоры Motorola 68HC11 [12].

В качестве перспективного направления развития следует отметить самообучающиеся системы на принципах нечеткой логики с использованием нейросетей [4], которые могут быть использованы в моделях антиблокировочных систем торможения автомобилей. В настоящее время такие

разработки (ANFIS) уже ведутся некоторыми зарубежными исследователями, нейронечеткие модели ABS описаны в работах [10], [18].

На основании проанализированного материала следует вывод, что использование нечеткой логики в моделировании антиблокировочной системы торможения автомобиля может являться действенным способом повышения адекватности модели реальному процессу.

Выводы

Использование методов нечеткой логики в моделировании позволяет приблизить построение модели к человеческому восприятию. Модель становится в значительной степени «интуитивно понятной», что облегчает процесс моделирования разработчику. В то же время, нечеткое моделирование позволяет избежать необходимости затрат значительных вычислительных мощностей на промежуточные вычисления, связанные с динамическими параметрами. Это позволяет производить обработку входных данных с требуемым уровнем точности в динамических процессах в реальном времени. При этом выходные данные оператора нечеткой логики после обработки обладают высокой точностью соответствия характеристикам реальных процессов. Уместно также привести замечание основателя нечеткой логики Лотфи Заде, который говорил, что «почти всегда можно сделать такой же самый продукт без нечеткой логики, но с нечеткой будет быстрее и дешевле» [9]. На основании перечисленных факторов можно судить о повышении адекватности в моделях динамических процессов в реальном времени посредством нечеткого моделирования и экономической обоснованности разработки нечетких моделей.

Список литературы

1. Балакина Е.В., Зотов Н.М., Платонов, Федин А.П. Проблемы моделирования динамических процессов в реальном времени. Волгоград, 2013.
2. Кириллова С.Ю. Вычислительная математика: учебное пособие. Владимир, 2009.
3. Никольский С. Нечетко едешь – дальше будешь. КомпьюТерра, №38, 2001.
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление, пер. с английского А.Г. Подвесовского, Ю.В. Тюменцева. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.
5. Писаренко А.В., Белоус А.В., Кононенко Д.В. Компьютерное моделирование поведения транспортного средства с антиблокировочной системой. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, 2013.
6. Слепова С.В. Основы теории точности измерительных приборов: учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.
7. Федин А.П. Обеспечение адекватности моделирования рабочих процессов элементов автомобиля при испытаниях на виртуально-физических стендах-тренажерах. – Диссертация на соискание степени канд. техн. наук / А.П. Федин. – Волгоград, 2006.

8. Чадов С.Н. Разработка и исследование высокопроизводительного программного комплекса для решения жестких систем ОДУ на графических процессорах общего назначения. – Диссертация на соискание степени канд. техн. наук / С.Н. Чадов. – Иваново, 2014.
9. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. - М.: Горячая линия – Телеком. – 2007. - 288 с.
10. Aksjonov A. Design and Simulation of the Robust ABS and ESP Fuzzy Logic Controller [Электронный ресурс] / Aksjonov A., Augsburg K. // Applied Sciences. – 2016. – 6(12). – Режим доступа: <http://www.mdpi.com/2076-3417/6/12/382>, свободный (дата обращения: 21.05.2018).
11. Ayman A. Aly et al. An Antilock-bracking systems (ABS) Control: A Technical Review. Intelligent control and Automation, 2011, 2, p. 186-195.
12. Denton Tom. Automobile Electrical and Electronic Systems. Elsevier, 2004.
13. Genta Giancarlo, Genta Alessandro. Road vehicle dynamics. Fundamentals of Modeling and Simulation. World Scientific, 2017.
14. Kant Abhinav. Enhanced Antilock Braking System using Fuzzy Logic Road Detector / Kant Abhinav, Mukesh Kumar // International Journal of Research in Electrical & Electronics Engineering. - 2013. – Vol. 1. - №2. – p. 47-54.
15. Kiencke Uwe, Nielsen Lars. Automotive Control Systems for Engine, Driveline, and Vehicle. Springer, 2005.
16. Kosko Bart. Fuzzy Systems as Universal Approximators / Bart Kosko // IEEE Trans. on Computers. - 1994. – Vol.43. - №11.- p. 1153-1162.
17. Lundquist Christian. Sensor Fusion for Automotive Applications. Sweden, Linkoping, 2011.
18. Minh Vu Trieu. Development of Anti-Lock Braking System for Vehicle [Электронный ресурс] / Minh Vu Trieu, Godwin Oamen, Kristina Vassiljeva, Leo Teder // Open Engineering. – 2016. – Vol.6. – №1. - Режим доступа: <https://www.degruyter.com/view/j/eng.2016.6.issue-1/eng-2016-0078/eng-2016-0078.xml?format=INT>, свободный (дата обращения: 26.05.2018).
19. Nissan Patents “Fuzzy Logic” ABS, Gearbox. Automotive electronic news 17, July 1989.
20. Reif Konrad. Brakes, Brake Control and Driver Assistance Systems. BOSCH professional automotive information / Konrad Reif. - Springer, 2014. - 275 p.
21. Subbulakshmi K. Anti-Lock Braking System Using Fuzzy Logic. Middle-East Journal of Scientifical Research (10), 2014.
22. Takahashi et al. Antiskid Brake Control System Bazed on Fuzzy Inference. United States Patent 4 842 342, Jun.27, 1989.
23. Venkatesh K. Arun. CAN Network Based Longitudinal Velocity Measurement Using Accelerometer and GPS Receiver for Automobiles, 2013.

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОСТАВКИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Н.Ю. Мехедова, А.М. Ковалев

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. В статье представлено совершенствование технологии перевозок сухих строительных смесей с целью снижения транспортных затрат. Оптимальный способ перевозки сокращает сроки доставки груза и уменьшает расходы на транспортировку и хранение.

Ключевые слова: *сухие строительные смеси, упаковочный материал, автомобильные перевозки, эффективность доставки.*

INFLUENCE OF PACKAGING MATERIALS ON THE EFFICIENCY OF DELIVERY OF DRY BUILDING MIXES ROAD TRANSPORT

N.Y. Mehedova, A.M. Kovalev

Volgograd State Technical University

Abstract. This paper presents improvements transport technology of dry construction mixtures to reduce transport costs. The best way to transport reduces the time of delivery and reduces expenses for transportation and storage.

Keywords: *dry mixes, packing material, truck transportation, delivery efficiency.*

Транспортировка сухих строительных смесей должна осуществляться на подвижном составе с крытым кузовом, что исключает воздействие атмосферных осадков, а также обеспечивает защиту упаковки от механического повреждения и нарушения ее целостности.

Сухие строительные смеси упаковывают в пакеты из полиэтиленовой пленки, многослойные бумажные мешки из крафт-бумаги или мешки с полиэтиленовым вкладышем (упаковочная единица).

Существует три основных вида упаковок сухих строительных смесей - пакеты, мешки и «биг-бэги». В данной статье рассматривается два наиболее часто применяемых в производстве способа упаковки.

Один из них, это перевозка сухих строительных смесей в мешках на четырехзаходных плоских поддонах (П4) (1000×1200), на каждой паллете располагается 40 мешков массой 30 кг, в 8 ярусов. Вес сформированного транспортного пакета составит 1,22 т. Для перевозки сухих строительных смесей используют однонастильный поддон. Погрузка осуществляется на заводе-изготовителе с использованием вилочного погрузчика YALE GDP25RK. Разгрузка груза на складе-получателе - вилочным электропогрузчиком TFN CPD 20J.

Второй способ заключается в использовании упаковки типа «биг-бэг». Они надежно защищают содержимое от осадков и другого неблагоприятного влияния окружающей среды. Благодаря этому свойству упакованные грузы можно хранить на открытых площадках. Такие виды транспортных пакетов можно перегружать и транспортировать практически любыми видами погрузо-

разгрузочного оборудования. Однако чаще всего погрузка осуществляется при помощи кран-балки или крана-манипулятора. Вес одной упаковочной единицы составит при этом 0,5 т, размеры «биг-бэга» 750×750×1500 мм.

Для оценки влияния вида упаковки на эффективность перевозки строительного груза в междугородном сообщении рассмотрим автомобили, имеющие различную грузоподъемность и габариты кузова. Технические характеристики выбранных транспортных средств представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики анализируемого подвижного состава

Марка автомобиля	Внутренний объем кузова, м ³	Грузоподъемность, т	Габариты кузова, мм
Volvo FM 11	50,0	15	7550×2650×2500
DAF XF 95 + Koegel	60	20	13600×2600×2500
МАЗ 93010-3011	85	23	13620×2480×2570

В качестве критерия оценки эффективности используем следующие показатели: коэффициент использования грузоподъемности γ_c , коэффициент использования объема кузова η_v , оптимальный объем партии отправки и масса нетто перевозимого груза [2]. Сравнительные характеристики приведены в табл.2-3.

Таблица 2

Сравнительные характеристики анализируемого подвижного состава при использовании мешков в качестве тары

Марка автомобиля	Коэффициент использования объема кузова	Коэффициент использования грузоподъемности	Число перевозимых паллет за езду, шт.
Volvo FM 11	0,27	0,976	12
DAF XF 95 + Koegel	0,3	0,976	16
МАЗ 93010-3011	0,25	1,007	19

Таблица 3

Сравнительные характеристики анализируемого подвижного состава при использовании в качестве тары «биг-бэг»

Марка автомобиля	Коэффициент использования объема кузова	Коэффициент использования грузоподъемности	Число перевозимых «биг-бэгов» за езду, шт.
Volvo FM 11	0,53	1,0	30
DAF XF 95 + Koegel	0,6	1,075	43
МАЗ 93010-3011	0,5	1,065	49

Исходя из полученных результатов, оптимальным видом подвижного состава (из предложенных) является пара DAF XF 95 + Koegel. Данный автомобиль имеет наиболее приемлемые значения коэффициента использования грузоподъемности и использования объема кузова как при

перевозке в мешках, так и в «биг-бэгах». На рис.1 и 2 представлено размещение груза в кузове выбранного ТС.

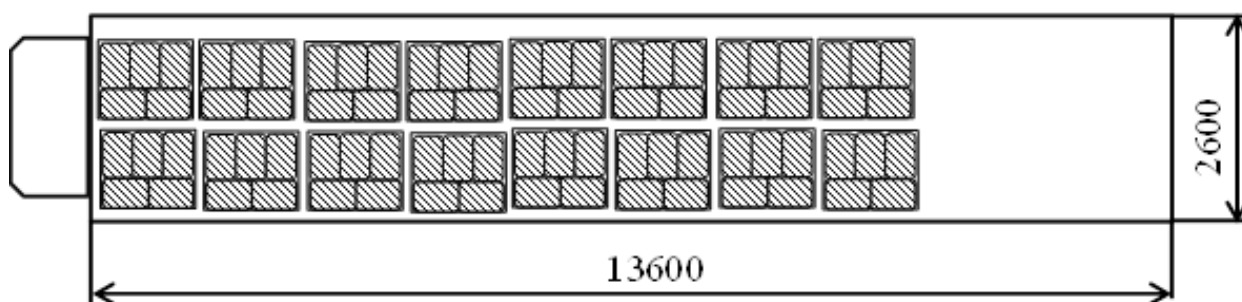


Рис. 1.Размещение груза в кузове DAF XF 95 + Коегел при использовании картонных мешков

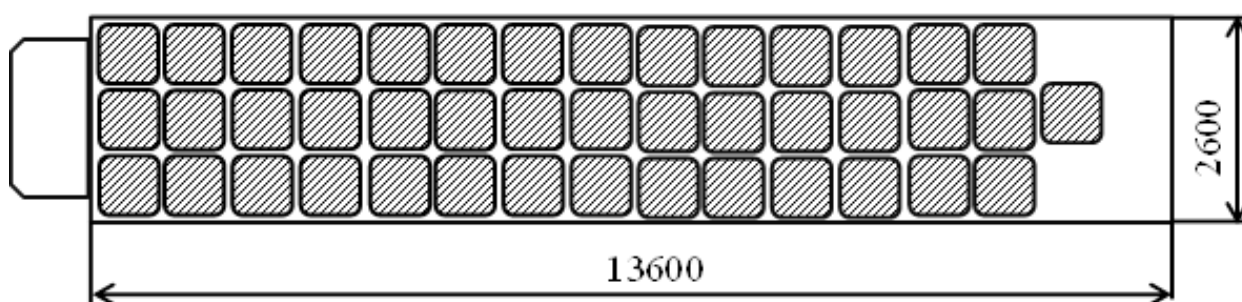


Рис. 2. Размещение груза в кузове DAF XF 95 + Коегел при использовании «биг-бэгов»

Для того, чтобы оценить необходимое количество автомобилей построим график зависимости потребного числа автомобилей от времени простоя под загрузку в зависимости вида упаковки (рисунок 3), воспользовавшись формулами (1-4) [3].

Эксплуатационная производительность погрузчика [1]:

$$W_3 = \frac{3600 \cdot Q_{\text{пак}} \cdot \eta_{\text{и}}}{t_{\text{ц}}} \quad (1)$$

где $\eta_{\text{и}}$ — коэффициент использования погрузчика (примем равным 1).

Продолжительность цикла работы вилочного электропогрузчика в расчете примем равным 108 секундам.

Эксплуатационная производительность крана балки:

$$W_3 = \frac{3600 \cdot G_{\text{гр}}}{t_{\text{ц}}} \quad (2)$$

Время собственно погрузки автомобиля:

$$t_{\text{пз}} = \frac{q_a \cdot \gamma_c}{W_3} \quad (3)$$

Необходимое количество автомобилей для перевозки:

$$A_x = M_{x0} \cdot \frac{t_e}{t_{пз}} \quad (4)$$

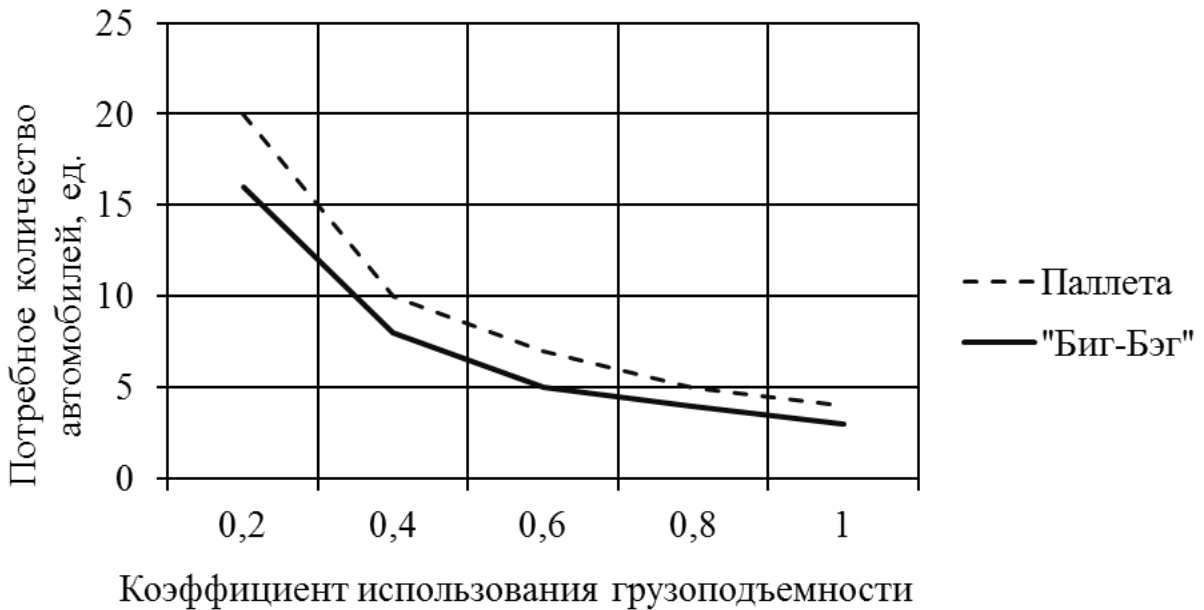


Рис. 3. Зависимость числа автомобилей от коэффициента использования грузоподъемности

Из графиков рис.3 видно, что при значениях γ_c близких к единице потребное число автомобилей существенно не отличается в обоих случаях, однако при значениях $\gamma_c \leq 0,6$, это расхождение становится более явным.

На рис.4 представлен график зависимости массы нетто перевозимого груза от номинальной грузоподъемности автомобиля.

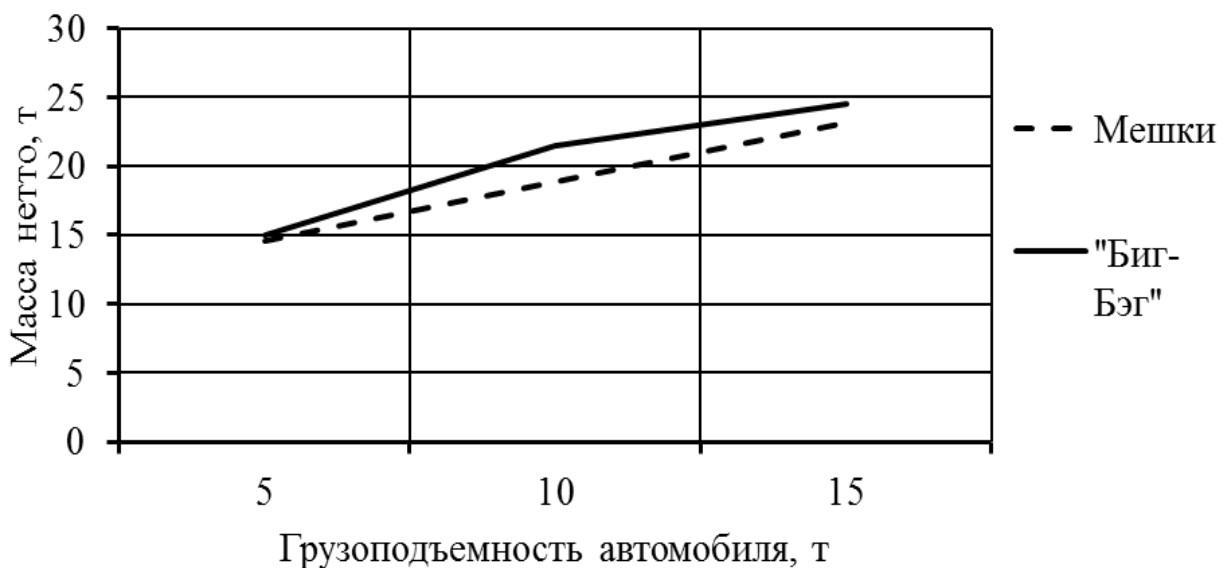


Рис. 4. Зависимость массы нетто перевозимого груза от вида упаковки

Из рисунка 4 видно, что масса груза нетто больше при использовании упаковки «биг-бэг», особенно в случае использования автомобилей грузоподъемностью 10 т.

Сравнительная характеристика видов упаковочного материала при перевозке сухих строительных смесей в междугородном сообщении автомобилем DAF XF 95 + Kogel представлена в табл.4.

Таблица 4

Сравнительная характеристика упаковочного материала

Показатели	«Биг-Бэг»	Мешок картонный
Коэффициент использования грузоподъемности γ_r	1,075	0,976
Коэффициент использования объема кузова η_v	0,6	0,3
Масса нетто, т	21,5	18,85
Габаритные размеры 1 ед., мм.	750×750×1500	580×380×100

В заключение можно сделать вывод о том, что при перевозке сухих строительных смесей целесообразнее использовать упаковку типа «биг-бэг», которая позволяет, при транспортировке груза автомобилем одинаковой грузоподъемности за одну езду перевезти, в среднем, на 2,65 т. больше, чем при использовании универсального мешка, расположенного на поддоне.

Список литературы

1. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.

2. Пути снижения времени обслуживания клиента на складе при помощи аппаратных средств для учёта груза / Ю.В. Кузина, В.А. Малоков, А.А. Куксенко, А.М. Ковалев // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы : материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Новокузнецк, 7-8 декабря 2017 г.) / отв. ред.: Э.И. Забнева, редкол.: Л.С. Кочкина, С.А. Костенков; Кузбасский гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачёва, Филиал КузГТУ в г. Новокузнецке. - Ульяновск, 2017. - С. 76-78.

3. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства: Методические указания / Сост. С. А. Ширяев, Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2007. – 22 с.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СЦЕПЛЕНИЯ ШИНЫ С ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЕМ

В.Ю. Миндрин, С.В. Стороженко

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Моделирования движения автомобиля, для оценки его устойчивости движения, во многом зависит от справедливости описания взаимодействия колеса с опорной поверхностью, особенно в режиме торможения, поскольку именно это взаимодействие

определяет явления в пятне контакта колеса с дорогой, следовательно, и поведение автомобиля в разных ситуациях. В данной статье представлен анализ факторов влияющих на сцепления шины с дорожным покрытием.

Ключевые слова: шина, сцепление, шероховатость, легковой автомобиль.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING TIRE CLUTCHES WITH ROAD COVER

V. Yu. Mindrin, S.V. Storozhenko
Volgograd State Technical University

Abstract. Modeling the movement of the car, to assess its stability, largely depends on the fairness of the description of the interaction of the wheel with the supporting surface, especially in the braking mode, since it is this interaction that determines the phenomena in the contact patch of the wheel with the road, and hence the behavior of the car in different situations. This article presents an analysis of factors affecting tire adhesion to the road surface.

Keywords: tire, clutch, roughness, passenger car.

Исследования, проведенные в России и за рубежом, показали, что сопротивление скольжению автомобильных шин в основном зависит от степени шероховатости поверхности покрытия дороги. Шероховатость покрытий определяет потери энергии на трение и деформацию резины протектора шин и тем самым величину адгезионной и деформационной составляющих силы сопротивления скольжению. Вероятность разрыва шиной водной пленки, формируемой на проезжей части дорог во время дождя и таяния снега, продолжительность непосредственного контакта шины с мокрым покрытием также зависят от шероховатости поверхности. Шероховатость покрытия в большой мере формирует тепловой режим в зоне контакта шины с покрытием дороги. От нее зависит плавность хода автомобиля, уровень транспортного шума, ослепление водителей отраженным светом фар встречных автомобилей, видимость в ночное время, образование снежного наката на проезжей части дорог зимой, расход химических реагентов, используемых для борьбы с зимними видами скользости, засоление прилегающих к дороге земель.

Все это в конечном итоге определяет значительное влияние дорожных покрытий на скорость и безопасность движения автомобилей, экономические показатели эксплуатации автомобильных дорог и даже на конструктивные параметры автомобилей (подвеску, шины). Однако это влияние не однозначно. Улучшение сцепных качеств покрытий при повышении их шероховатости сопровождается ростом уровня транспортного шума и усилением вибраций автомобиля. По этой причине при назначении степени шероховатости дорожных покрытий необходимо искать оптимальное решение, в наибольшей степени учитывающее роль покрытий в формировании скоростного режима на дорогах, обеспечении безопасности движения автомобилей и охране окружающей среды [1].

Скользкость дорожных покрытий является одной из основных причин дорожно-транспортных происшествий (ДТП). В среднем ежегодно из общего количества ДТП, случившихся из-за неблагоприятных дорожных условий,

около 47% происходят по причине недостаточного сопротивления скольжению шин по покрытию дороги.

На автомобильных дорогах высших технических категорий доля ДТП из-за скользкости значительно выше среднего уровня и достигает 60-63%. На местных дорогах ввиду более низких скоростей движения она снижается в среднем до 31%. Велика доля ДТП в результате повышенной скользкости дорожных покрытий и в городах и других населенных пунктах [1].

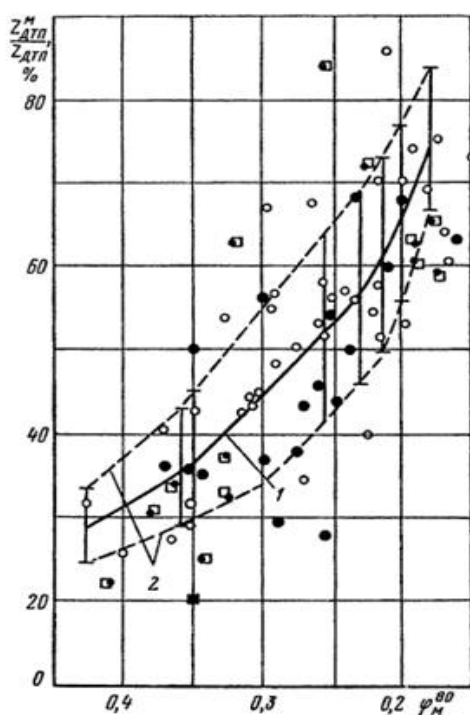


Рис. 1. Зависимость числа ДТП на мокрых покрытиях ($Z_{ДТП}^M$) от величины коэффициента сцепления (φ_M^{80}) при 100%-ной блокировке измерительного колеса и скорости движения 80 км/ч: 1 – средневзвешенные значения; 2 – средние квадратические отклонения; \square – более 10 ДТП; \circ – более 20 ДТП; \bullet – более 40 ДТП.

Необходимо подчеркнуть, что скользкость покрытий дорог является важнейшим фактором всех ДТП, независимо от их вида и причин. Даже если скользкость покрытий не является причиной ДТП, она существенно влияет на тяжесть их последствий.

Многочисленными исследованиями, выполненными в России и за рубежом, установлена надежная связь между величиной коэффициента сцепления и количеством ДТП на мокрых покрытиях дорог (рис. 1.). Представляет интерес влияние устройства шероховатой поверхности покрытий на аварийность. Непосредственная связь числа ДТП на мокрых покрытиях с шероховатостью их поверхности отмечается во многих работах. Статистика ДТП показывает, что на мокрых асфальто - и цементобетонных покрытиях с гладкой поверхностью уровень аварийности более высокий, чем на

шероховатых. Так, на дороге с интенсивностью движения 3024 авт/сут по средним многолетним данным на каждые 10 км с мокрым покрытием при шероховатой поверхности приходится 10-11 ДТП, в то время как при гладкой поверхности - более 20 ДТП [2].

На той же дороге на участке с интенсивностью движения 4596 авт/сут на мокрых гладких покрытиях зарегистрировано по многолетним данным в среднем 10-11 ДТП на 10 км дороги, а на мокрых шероховатых покрытиях - 7 ДТП, т.е. в 1,5 раза меньше.

Таблица 1

Статистика ДТП в зависимости от шероховатости покрытия

Год	Количество ДТП (%) на покрытиях		Количество погибших(%) на покрытиях		Количество раненых (%) на покрытиях	
	гладких	шероховатых	гладких	шероховатых	гладких	шероховатых
1	75,0	25,0	100,0	—	55,6	44,6
2	66,7	33,3	—	100,0	70,0	30,0
3	100,0	—	100,0	—	100,0	—
4	63,6	36,4	66,7	33,3	72,7	27,3
5	78,3	21,7	100,0	—	54,5	45,5
В среднем за год	70,6	29,4	75,0	25,0	66,0	34,0

Таблица 2

Статистика ДТП зависимости от состояния покрытия

Материал	Количество ДТП						Снижение количества ДТП (%) после строительства обработки		
	До строительства обработки			После строительства обработки			Мокрое покрытие	Сухое покрытие	Всего
	Мокрое покрытие	Сухое покрытие	Всего	Мокрое покрытие	Сухое покрытие	Всего			
Рокдейльский шлак	138	53	191	19	46	65	86	13	66
Сланцевая порода	119	73	192	21	57	78	82	22	68
Всего	257	126	383	40	103	143	81	17	67

Более тяжелые на гладких мокрых покрытиях и последствия ДТП. Из табл.1, характеризующей аварийность на уже упомянутом участке дороги со среднегодовой суточной интенсивностью движения 4596 авт/сут, следует, что на гладком мокром асфальтобетонном покрытии число погибших в 2 раза выше, чем на покрытиях с шероховатой поверхностью.

Замена гладкого покрытия шероховатым вызывает резкое уменьшение количества ДТП всех видов в среднем на 55-69% при уменьшении числа аварий, непосредственно связанных со скользкостью покрытий, более чем в 4 раза. К аналогичным результатам приводит строительство шероховатых покрытий и на пересечениях дорог.

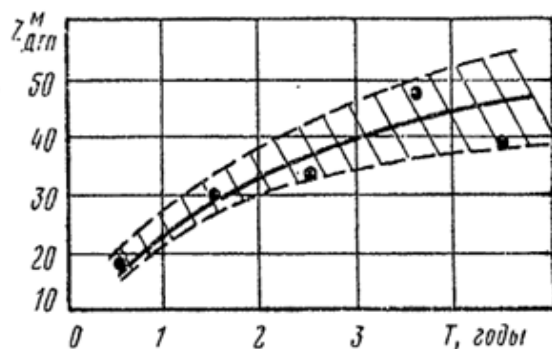


Рис. 2. Зависимость числа ДТП на мокрых покрытиях от срока службы шероховатых слоев износа

Например, в штате Техас (США) строительство шероховатых поверхностных обработок на пересечениях дорог в одном уровне привело к уменьшению числа происшествий на мокрых покрытиях на 80% (табл. 2). При этом значительно уменьшается число таких характерных для пересечений в одном уровне происшествий, как наезд сзади на стоящий, на перекрестке автомобиль [1].

Однако строительство покрытий с шероховатой поверхностью не обеспечивает постоянства уровня безопасности движения на мокрых дорогах. По мере износа шероховатой поверхности аварийность постепенно возрастает (рис. 2).

Детальный анализ статистических данных по аварийности показал, что между количеством ДТП на мокрых дорогах и шероховатостью покрытий существует достаточно сложная связь. С одной стороны, по мере износа шероховатой поверхности покрытия количество происшествий на мокрых дорогах постепенно увеличивается. Однако индекс роста различен при разной интенсивности движения (рис. 3).

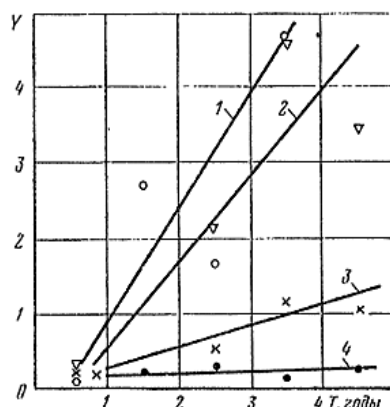


Рис. 3. График зависимости удельной аварийности на мокрых шероховатых покрытиях от срока их службы: 1 – 4 – среднегодовая суточная интенсивность движения соответственно от 300 до 2000; от 2000 до 5000; от 5000 до 10000; от 10000 до 24000 авт/сут.

В первый год службы, когда покрытие имеет достаточно высокую макро и микро шероховатость, удельная аварийность на мокрых асфальтобетонных покрытиях с шероховатой поверхностью мала (табл. 3) и практически не зависит от интенсивности движения (рис. 4).

Таблица 3

Аварийность в зависимости от интенсивности движения

Среднегодовая суточная интенсивность движения, авт/сут	Средняя удельная аварийность на мокрых покрытиях за годы службы				
	1	2	3	4	5
300 - 2000	0,086	2,71	1,64	4,66	1,92
2000 - 5000	0,27	0,52	2,14	4,58	3,44
5000 - 10 000	0,14	0,54	0,54	1,16	1,00
10 000-24 000	0,18	0,22	0,28	0,144	0,23

В последующие годы работы шероховатых покрытий число ДТП на мокрых дорогах быстро возрастает, особенно при интенсивности движения менее 5000авт/сут.

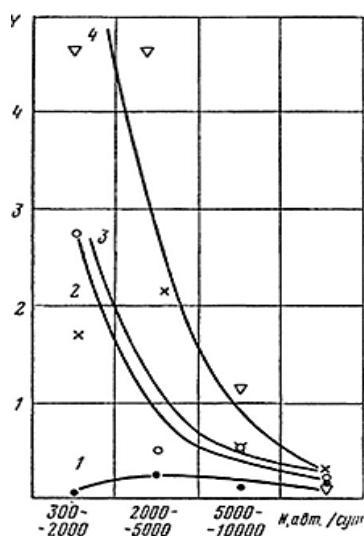


Рис. 4. График зависимости удельной аварийности на мокрых покрытиях от интенсивности движения автомобилей по дороге: 1 – 4 - соответственно за первый, второй, третий и четвертый годы службы шероховатого покрытия.

В плотных транспортных потоках (с интенсивностью более 10 000 авт/сут) высокая загрузка полосы движения вызывает снижение скорости автомобилей до 30-40 км/ч и, как следствие, уменьшение количества ДТП из-за скользкости мокрых покрытий. При интенсивности менее 5000 авт/сут движение автомобилей в большинстве случаев транспортным потоком не ограничивается и скорость автомобилей определяется лишь дорожными условиями.

Следует отметить, что по мере износа шероховатой поверхности аварийность увеличивается не только при мокром состоянии покрытия, но и при сухом (рис. 5).

К факторам, влияющим на безопасность движения, следует отнести и светотехнические характеристики поверхности покрытий, а также воздействие покрытий на психофизиологическое состояние водителей.

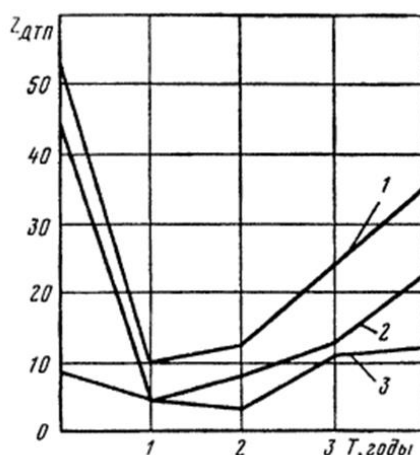


Рис. 5. График изменения количества ДТП после устройства шероховатой поверхностной обработки: 1 – всего; 2 – на мокром покрытии; 3 – на сухом покрытии.

Список литературы

1. Немчинов, М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей / М.В. Немчинов. М.: Транспорт, 1985. 231 с.
2. Паршин, М.А. Сцепление колеса с дорожным покрытием и безопасность движения / М.А. Паршин. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва. 1967.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА ПРИ ДЕАЭРАЦИИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

В.В. Минин, И.В. Ромашов, А.И. Петриков
Сибирский федеральный университет

Аннотация. Показаны возможности повышения энергоэффективности гидропривода одноковшового гидравлического экскаватора за счет применения оригинальной конструкции бака для рабочей жидкости. Самоадаптируемая к температуре окружающей среды конструкция бака позволяет в автоматическом режиме осуществлять деаэрацию рабочей жидкости и поддерживать заданную температуру в контуре гидропривода. Проведено моделирование и экспериментальные исследования рабочего процесса деаэрации на стенде.

Ключевые слова: энергоэффективность, экскаватор, деаэрация, гидробак, теплообмен.

ENERGY EFFICIENCY OF THE HYDRAULIC EXCAVATOR DURING THE DEAERATION OF THE WORKING LIQUID

V.V. Minin, I.V. Romashov, A.I. Petrikov
Siberian Federal University

Annotation: The possibilities of improving the energy efficiency of a single-bucket hydraulic excavator by using an original tank design for the working fluid are shown. The tank design self-adapting to the ambient temperature allows automatic deaeration of the working fluid and maintains the set temperature in the hydraulic drive circuit. Simulation and experimental studies of the deaeration process on the bench were carried out.

Keywords: *Energy efficiency, excavator, deaeration, hydraulic tank, heat and mass transfer.*

Создание высокоэффективного варианта конструктивного исполнения одноковшового экскаватора невозможно без решения комплекса вопросов, связанных с необходимостью экономии материальных, энергетических и трудовых затрат при выполнении машиной разнородных технологических операций сменным рабочим оборудованием с гидравлическим приводом [1]. Данный тип привода позволяет: упростить кинематику трансмиссии и рабочего оборудования; расширить номенклатуру сменного рабочего оборудования; уменьшить габариты машины; рационально совмещать рабочие операции; максимально использовать мощность силовой установки, а так же повысить производительность машины.

Целью исследования является повышение работоспособности одного из компонентов гидропривода – бака для рабочей жидкости. Эффективность гидропривода экскаватора достигается путём интенсификации теплообмена и деаэрации рабочей жидкости. Это позволяет повысить КПД привода.

На основании проведенного анализа патентной информации по конструкциям энергосберегающего привода наземных транспортно-технологических машин предложено [2] следующее техническое решение.

Гидробак (рис. 1) содержит нижний резервуар 1, выполненный в виде емкости с пазами и отсеками в верхней ее части, и верхний резервуар 2, установленный в пазы двумя объемными выступами отсеков в нижней его части. Отсеки нижнего резервуара 1 размещены в пазах верхнего резервуара 2 и зафиксированы от горизонтального перемещения посредством направляющих пластин 3. На пазах, в средней их части, закреплены пластины 4, изготовленные из материала обладающей эффектом памяти формы, которые посредством электропроводников 5, через выключатель 6, связаны с источником питания 7. В отсеках нижнего резервуара 1 размещены успокоительные перегородки 8. Один из крайних отсеков данного резервуара сообщается посредством гибкого шланга 9 с противоположным крайним отсеком верхнего резервуара 2. Крайний отсек нижнего резервуара 1 связан с всасывающей магистралью гидросистемы 10. В данном отсеке размещен термостат 11, штанга-толкатель, который закреплен на выключателе 6. В верхней части каждого из отсеков герметично установлены винты 12 для выпуска воздуха. В крайнем отсеке верхнего резервуара 2 установлена сетка 13, закрепленная под углом к поверхности жидкости, а в другой крайний отсек установлена магистраль слива 14. На верхней стенке (крышке) верхнего резервуара размещены заливная горловина 15 и сапун 16. Гидробак работает следующим образом: поток рабочей жидкости

из гидросистемы (не показана) сливается посредством магистрали 14 в верхний резервуар 2 гидробака.

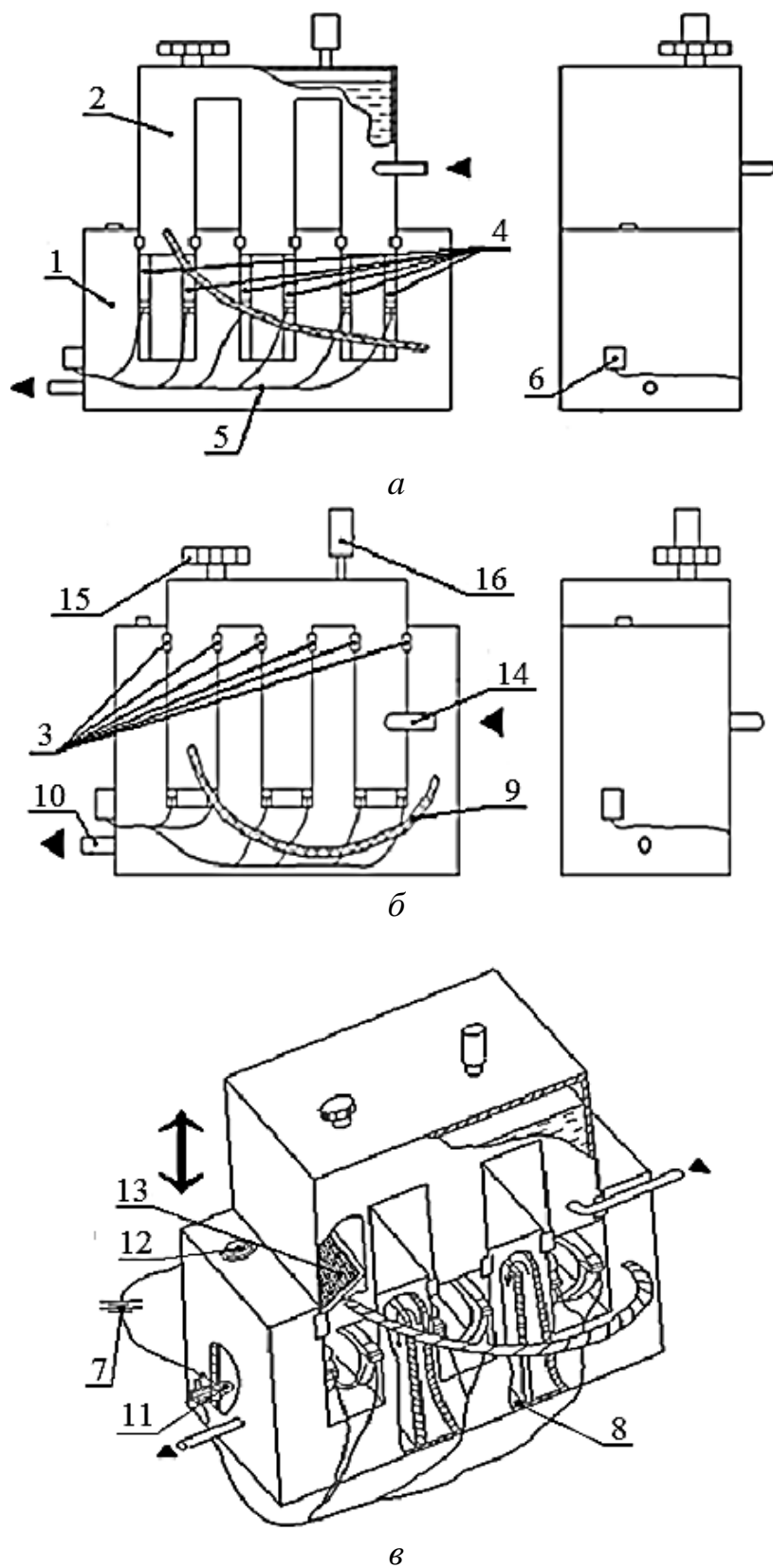


Рис. 1. Гидравлический бак при заданных значениях температуры рабочей жидкости: а - оптимальной (в раздвинутом состоянии); б - низкой (в сжатом состоянии); в – оптимальной (аксонометрия)

В зависимости от температуры рабочей жидкости возможны два режима работы гидробака. При низкой температуре рабочей жидкости (рис.1. б), в период запуска, и сжатом состоянии термостата 11, замыкаются контакты выключателя 6. Напряжение от источника питания 7 подается по электропроводникам 5 на пластины 4, выполненные из материала, обладающего эффектом памяти формы. Пластины 4, имевшие цилиндрическую форму и удерживавшие верхний резервуар 2 в крайнем верхнем положении, нагреваются и приобретают плоскую форму. При этом верхний резервуар 2 опускается, а его отсеки размещаются в пазах нижнего резервуара 1. Посредством теплообмена между пластинами 4 и поверхностями гидробака, рабочая жидкость интенсивно разогревается. При достижении оптимальной температуры рабочей жидкости, термостат 11 штангой-толкателем воздействует на выключатель 6. Электрическая цепь размыкается. Пластины 4, охлаждаясь, приобретают начальную цилиндрическую форму, при этом верхний резервуар 2 поднимается (рис. 1 а.). Гидробак приобретает развитые поверхности теплообмена. Рабочая жидкость из сливной магистрали 14 поступает в верхний резервуар 2, который сообщается с атмосферой посредством сапуна 16. Проходя через отсеки, рабочая жидкость охлаждается, механические примеси отстаиваются и оседают на дне отсеков, газ отделяется от рабочей жидкости при прохождении прочей жидкости через наклонно установленную сетку 13. Далее рабочая жидкость по гибкому шлангу 9 поступает в крайний отсек нижнего резервуара 1. Проходя по лабиринтным каналам, образованным успокоительными перегородками 8 и стенками отсеков, рабочая жидкость охлаждается до оптимальной температуры и под избыточным давлением поступает во всасывающую магистраль 10.

При охлаждении рабочей жидкости ниже оптимальной температуры рабочий процесс повторяется аналогично. Заполнение рабочей жидкостью осуществляется через заливную горловину 15. При этом воздух из нижнего резервуара 1 удаляется путем разгерметизации отверстий в верхних частях отсеков нижнего резервуара 1, винтами 12.

Гидробак работает следующим образом: поток рабочей жидкости из гидросистемы (не показана) сливается посредством магистрали 14 в верхний резервуар 2 гидробака. В зависимости от температуры рабочей жидкости возможны два режима работы гидробака. При низкой температуре рабочей жидкости (рис.1.б), в период запуска, и сжатом состоянии термостата 11, замыкаются контакты выключателя 6. Напряжение от источника питания 7 подается по электропроводникам 5 на пластины 4, выполненные из материала, обладающего эффектом памяти формы. Пластины 4, имевшие цилиндрическую форму и удерживавшие верхний резервуар 2 в крайнем верхнем положении, нагреваются и приобретают плоскую форму. При этом верхний резервуар 2 опускается, а его отсеки размещаются в пазах нижнего резервуара 1. Посредством теплообмена между пластинами 4 и поверхностями гидробака, рабочая жидкость интенсивно разогревается. При достижении оптимальной температуры рабочей жидкости, термостат 11 штангой-толкателем воздействует на выключатель 6. Электрическая цепь размыкается. Пластины 4,

охлаждаясь, приобретают начальную цилиндрическую форму, при этом верхний резервуар 2 поднимается (рис. 1 а.). Гидробак приобретает развитые поверхности теплообмена. Рабочая жидкость из сливной магистрали 14 поступает в верхний резервуар 2, который сообщается с атмосферой посредством сапуна 16. Проходя через отсеки, рабочая жидкость охлаждается, механические примеси отстаиваются и оседают на дне отсеков, газ отделяется от рабочей жидкости при прохождении прочей жидкости через наклонно установленную сетку 13. Далее рабочая жидкость по гибкому шлангу 9 поступает в крайний отсек нижнего резервуара 1. Проходя по лабиринтным каналам, образованным успокоительными перегородками 8 и стенками отсеков, рабочая жидкость охлаждается до оптимальной температуры и под избыточным давлением поступает во всасывающую магистраль 10.

При охлаждении рабочей жидкости ниже оптимальной температуры рабочий процесс повторяется аналогично. Заполнение рабочей жидкостью осуществляется через заливную горловину 15. При этом воздух из нижнего резервуара 1 удаляется путем разгерметизации отверстий в верхних частях отсеков нижнего резервуара 1, винтами 12.

Для оценки интенсивности деаэрации рабочей жидкости был проведен физический эксперимент на лабораторном стенде (рис. 2).

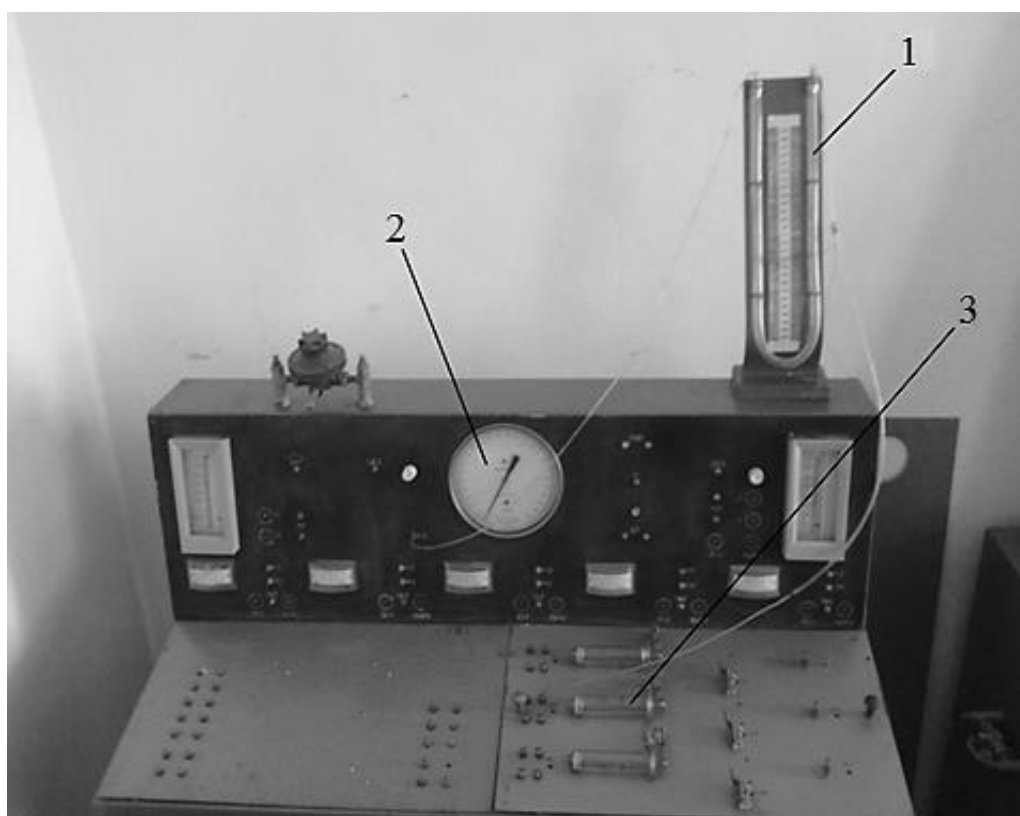


Рис. 2. Стенд для изучения деаэрации: 1 – пластиковая трубка, 2 – манометр, 3 – имитатор пневмоклапана

Эксперимент проводился при комнатной температуре 22 °С. Пластиковая трубка 1 с прозрачными стенками для визуального контроля хода

эксперимента, наполненная гидравлическим маслом МГ-15В (ГОСТ 17479.3-89). Имитатор пневмоклапана 3, создает вакуум. Пузырьки воздуха всплывают вверх. Показания приборов фиксировались визуально. Диаметр пузырьков измерялся микрометром.

Ход эксперимента фиксировался на цифровую видеокамеру, затем записывался на магнитный носитель и обрабатывался на компьютере с целью определения времени всплытия пузырька.

По результатам экспериментальных данных получена зависимость диаметра пузырька воздуха от скорости его всплытия (рис. 3).

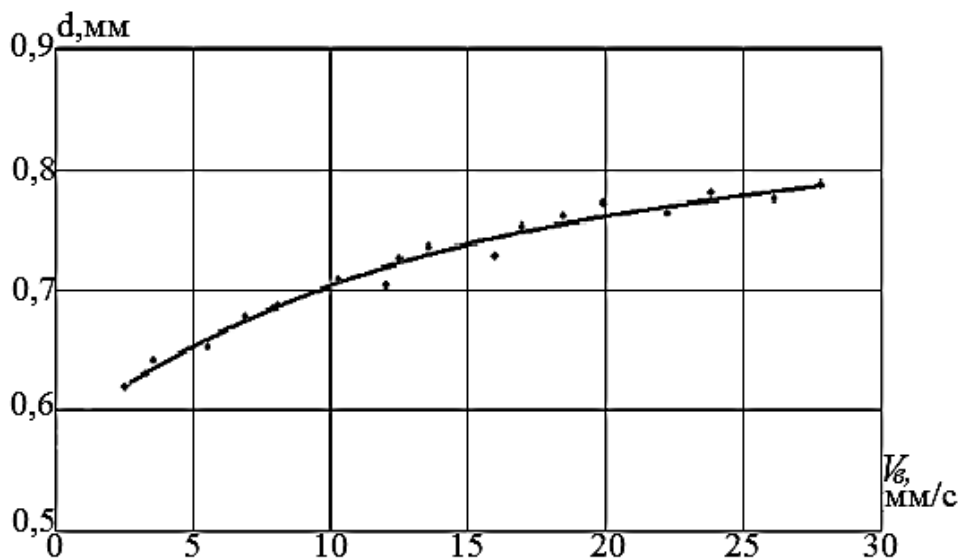


Рис. 3. Функциональная зависимость диаметра пузырька (d) воздуха от скорости (V_v) его всплытия

Моделирование теплового процесса объемного гидропривода экскаватора ЕТ-25 (ЗАО Тверской экскаватор) в среде MathCAD позволило получить результаты (рис. 4) характеризующие интенсивность теплообмена с учетом деаэрации рабочей жидкости.

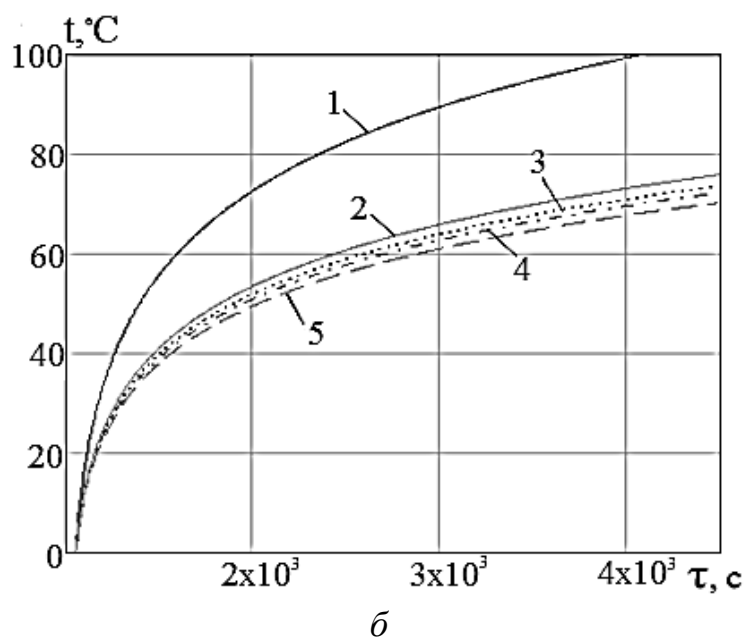
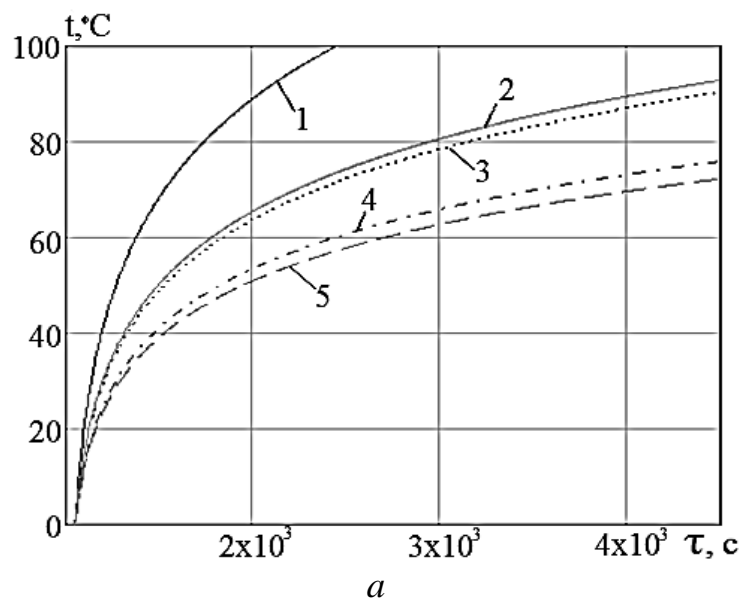


Рис. 4. График зависимости температуры рабочей жидкости (t) в гидробаке 1–(-40) °C; 2–(+40) °C; 3–(-20) °C; 4–(+20) °C; 5–0 °C от продолжительности работы (τ) с экскаватора ET-25: а) – с гидробаком фирмы – производителя; б) – с разработанным авторами гидробаком

Исследования показывают, что использование технического решения позволяет значительно улучшить энергетические характеристики (повысить КПД привода) выпускаемой модели экскаватора при эксплуатации в широком диапазоне температуры окружающей среды.

Список литературы

1. Минин, В.В. Концепция повышения эффективности универсальных малогабаритных погрузчиков: монография / В. В. Минин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 304 с.

2. Патент SU № 1733718 F15B 1/06 Гидробак / В.В. Минин, И.В. Туркевич, В.С.Боровик и др. // 15.05.1992. Бюллетень № 18

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

С.О. Митюхин

Липецкий государственный технический университет

Аннотация. проведен анализ работы автомобильного пассажирского транспорта, представлен перечень показателей, определяющих качество транспортного обслуживания населения городским пассажирским транспортом, предложен ряд мероприятий по совершенствованию работы городского общественного транспорта.

Ключевые слова: *качество, транспортное обслуживание, автомобильные пассажирские перевозки, общественный транспорт.*

MAIN DIRECTIONS OF IMPROVING THE QUALITY OF ROAD PASSENGER TRANSPORTATION

S.O. Mityukhin

Lipetsk State Technical University

Summary: the analysis of the work of the automobile passenger transport, the presented indicators that determine the quality of transport services for the population of the city, passenger transport, proposed a number of measures to improve the work of urban public transport.

Keywords: *quality, transport service, road passenger transport, public transport.*

Пассажирские перевозки обеспечивают основные потребности населения и играют важнейшую роль в социальной и экономической жизни современного общества. В настоящее время одним из наиболее распространенных видов наземного транспорта является автомобильный транспорт. Высокая доля автомобильных пассажирских перевозок объясняется доступностью данного вида транспорта, повышенной маневренностью, мобильностью, высокой степенью комфортности поездок и автономностью движения по сравнению с иными видами транспорта.

Для успешного функционирования автотранспортных предприятий в постоянно изменяющихся условиях рынка необходимо совершенствовать механизмы управления, повышать качество предоставляемых услуг, проводить модернизацию оборудования и автоматизировать производство, в том числе путем внедрения информационных технологий [1, 2].

Необходимость обеспечения высокого качества транспортного обслуживания пассажиров установлена Уставом автомобильного транспорта РФ, определившим полное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в автомобильных перевозках.

Основными условиями обеспечения качественных и безвредных пассажирских перевозок являются: исправные транспортные средства, соответствующие дорожным условиям и объемам перевозок; высокая

квалификация и дисциплинированность водителей и иного служебного персонала; исправные дороги с необходимым обустройством; а также рациональная организация дорожного движения с предоставлением в необходимых случаях приоритета общественному транспорту [3, с. 15].

Спирин И.В. [4] приводит следующую систему показателей для оценки качества перевозок пассажиров (рис. 1).

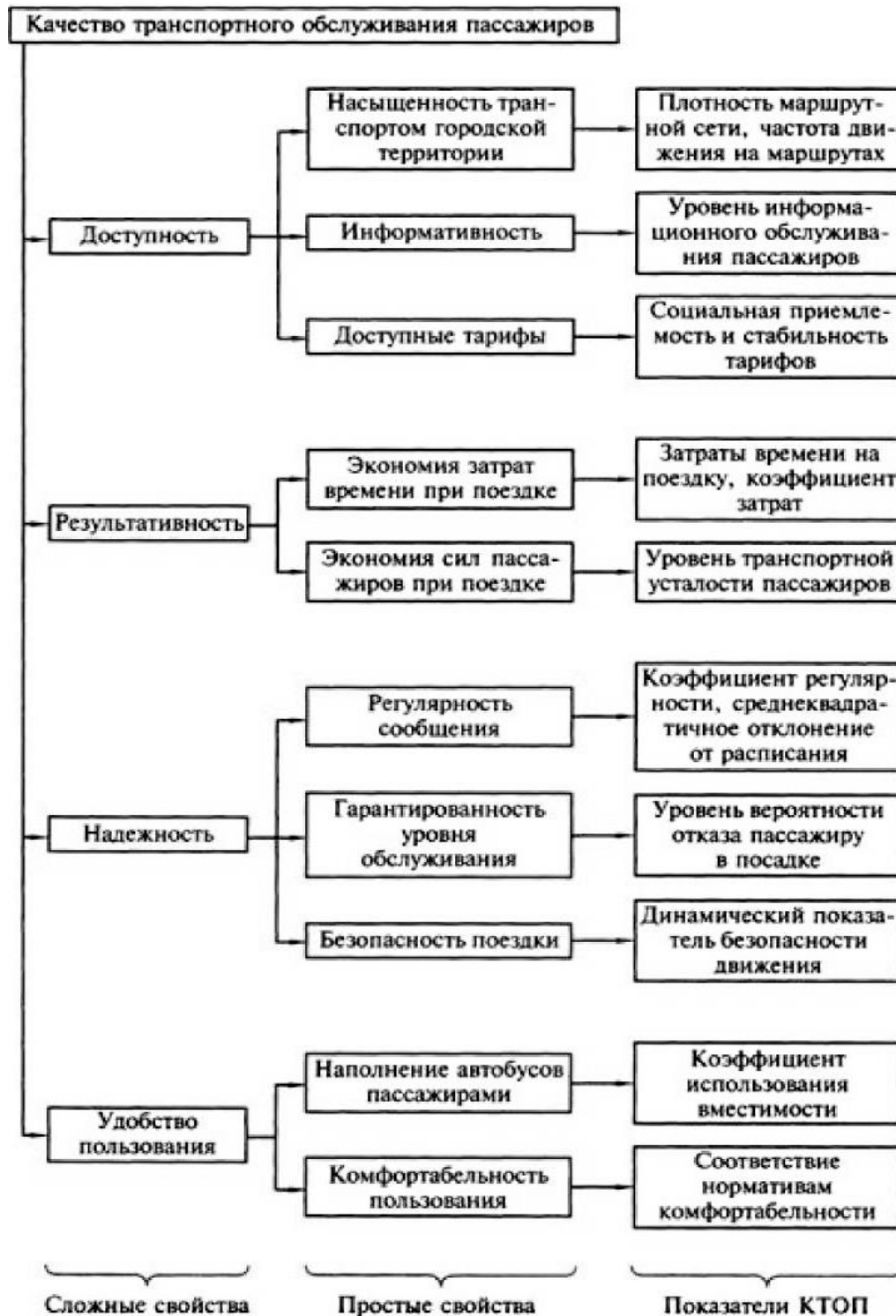


Рис. 1. Структура показателей качества транспортного обслуживания пассажиров [4]

Улучшение таких показателей качества, как насыщенность транспортом городской сети, информативность, комфортабельность, регулярность и ряд других с большой долей вероятности может привести к повышению себестоимости перевозок и, как следствие, рост тарифов, что отрицательно отразится на уровне доступности услуг транспорта. Следовательно, для городского общественного транспорта наиболее актуальны мероприятия, направленные на повышение эффективности перевозок, так как их реализация позволяет повысить другие показатели качества при сохранении доступности транспортных услуг. Существенный рост качества транспортного обслуживания населения может быть достигнут за счёт применения современных информационных технологий, что является одним из наиболее перспективным направлением развития общественного транспорта, позволяющим вывести его состояние на принципиально новый уровень.

Повышение привлекательности пассажирского транспорта общего пользования по сравнению с личным автомобилем позволит снизить загруженность с улично-дорожной сети [5]. В условиях ежегодного увеличения загруженности улично-дорожной сети необходимо проведение мероприятий по улучшению качества автомобильных пассажирских перевозок, оказывающим наибольшее влияние для вашего города. Наибольший эффект от проведения данных мероприятий может быть достигнут лишь только при их комплексной реализации.

Список литературы

1. Коростелев А.А., Жилин И.В. Развитие применения информационных технологий на автомобильном транспорте // Тенденции развития современной науки. – 2017. – С. 558-560.
2. Коростелев А.А., Митюхин С.О. К вопросу применения информационных технологий на автотранспортных предприятиях // Исследование различных направлений современной науки. – 2018. – С. 40-41.
3. Андреев К.П. Безопасность пассажирских автомобильных перевозок // Новая наука: От идеи к результату. – 2016. – № 12. – С. 14-16.
4. Тлегенов Б.Н. Анализ методов оценки и показателей качества системы городского пассажирского транспорта // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 100-109.
5. Коростелев А.А. Мероприятия по усовершенствованию качества автомобильных пассажирских перевозок // International scientific research 2017. – 2017. — С. 100-103.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНОЙ ПОДВЕСКИ

К.П. Михеев

Научный руководитель – доцент В.В. Сиваков

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматривается применение активной подвески, её устройство и преимущества.

Ключевые слова: *активная подвеска, устройство активной подвески, виды активных подвесок.*

TIMPROVING THE SAFETY OF A PASSENGER CAR WITH ACTIVE SUSPENSION

K.P. Mikheev

Scientific Director – associate Professor V.V. Sivakov

Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. The application of active suspension, its device and advantages are considered.

Keywords: *active suspension, active suspension device, types of active suspension.*

Автомобиль – средство повышенной опасности, поэтому разработка его узлов и механизмов должна обеспечивать безопасное применение в любых условиях эксплуатации.

Так, по данным статистики 11% всех аварий связаны с потерей управления транспортным средством, одной из основных причин которой является неисправность подвески (рис.1).

Подвеска автомобиля — совокупность деталей, узлов и механизмов, играющих роль соединительного звена между кузовом автомобиля и дорогой.

Подвеска автомобиля подразделяется на неактивную и активную (адаптивную), т.е. это подвеска с принудительным ходом вверх и вниз или только вниз с помощью специального привода, берущего энергию от энергетического источника автомобиля (рис.2, 3).

Неактивная подвеска, в свою очередь, подразделяется на:

1) рессорную – в качестве упругих элементов чаще всего выступают листовые рессоры — стальные листы повышенной упругости, грамотно сложенные в несколько рядов.

2) двухрычажную – подвеска с коротким верхним и длинным нижним рычагами обеспечивает минимальные поперечные перемещения колеса (вредные для боковой устойчивости автомобиля и вызывающие быстрый износ шин), а также незначительные угловые перемещения при ходе вверх и вниз.

3) многорычажную – результат усовершенствования двухрычажной независимой подвески легкового автомобиля.

4) подвеску McPherson – основным элементом является амортизаторная стойка.

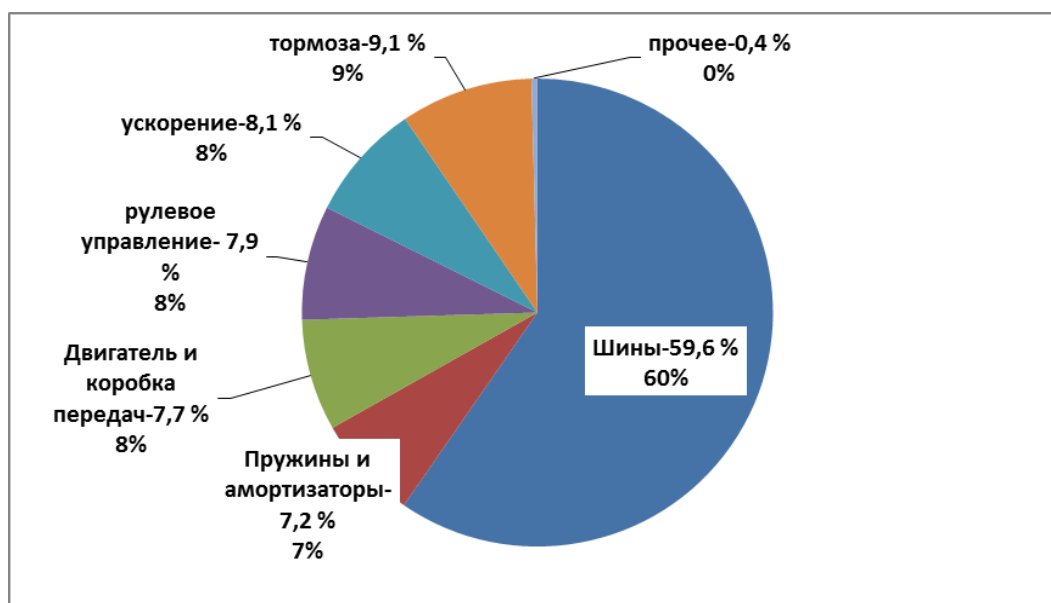


Рис.1. Основные причины ДТП, связанные с техническим состоянием автомобиля

Активная подвеска делится на:

1) гидравлическую;

2) пневматическую – в качестве основного упругого элемента используется пневмоэлемент или пневморессора (разг. — «подушка, баллон») со сжатым воздухом. Сжатый воздух в пневмоэлементах уравнивает вес автомобиля, а способность воздуха сжиматься и расширяться обеспечивает упругие характеристики пневмоэлемента.

3) электромагнитную – ряд компонентов и механизмов, созданных на основе линейного электродвигателя, которые могут работать как упругие или демпфирующие элементы в соответствии с командами микроконтроллера (бортового компьютера).

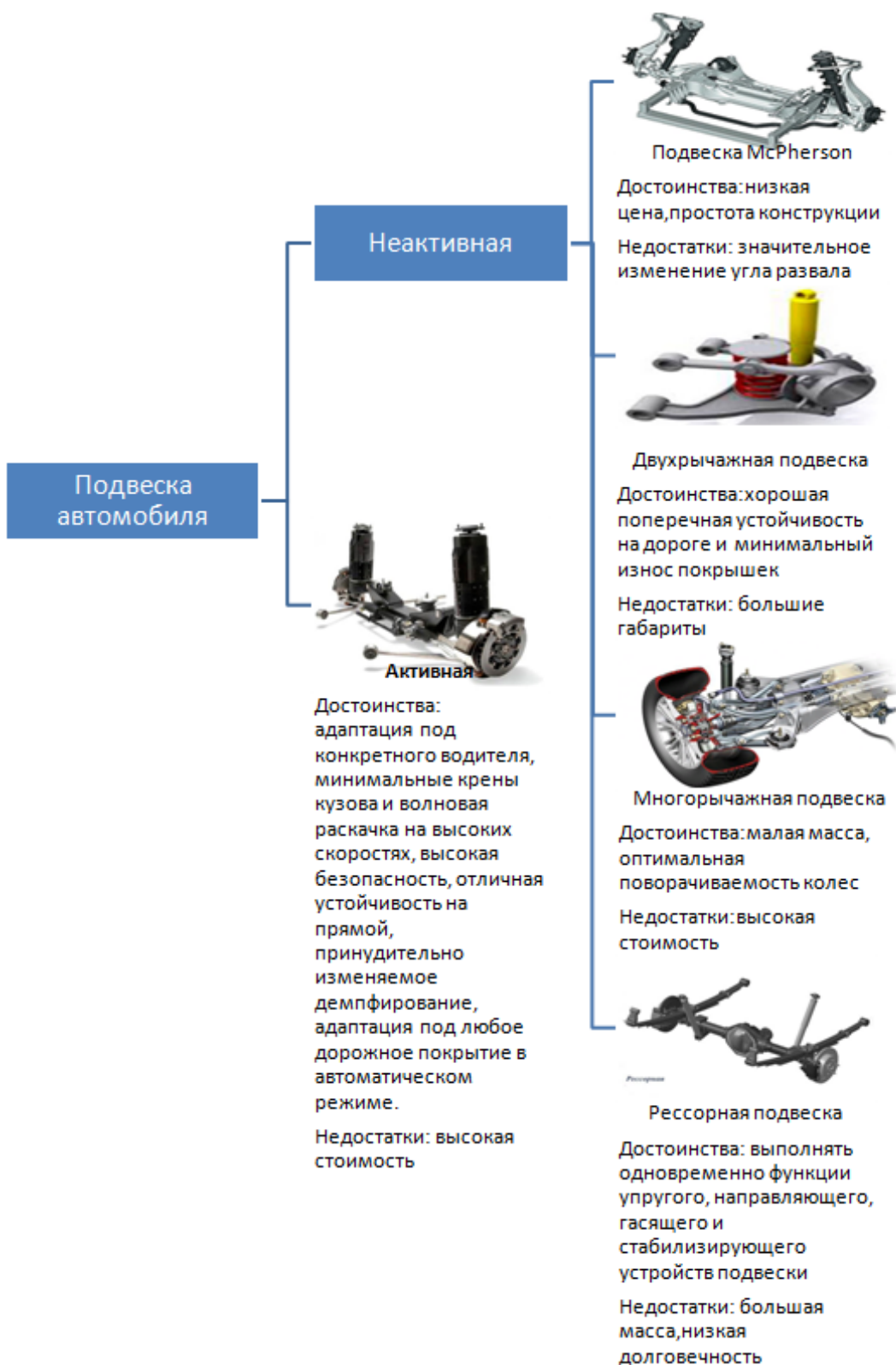


Рис.2. Общая классификация подвески автомобиля

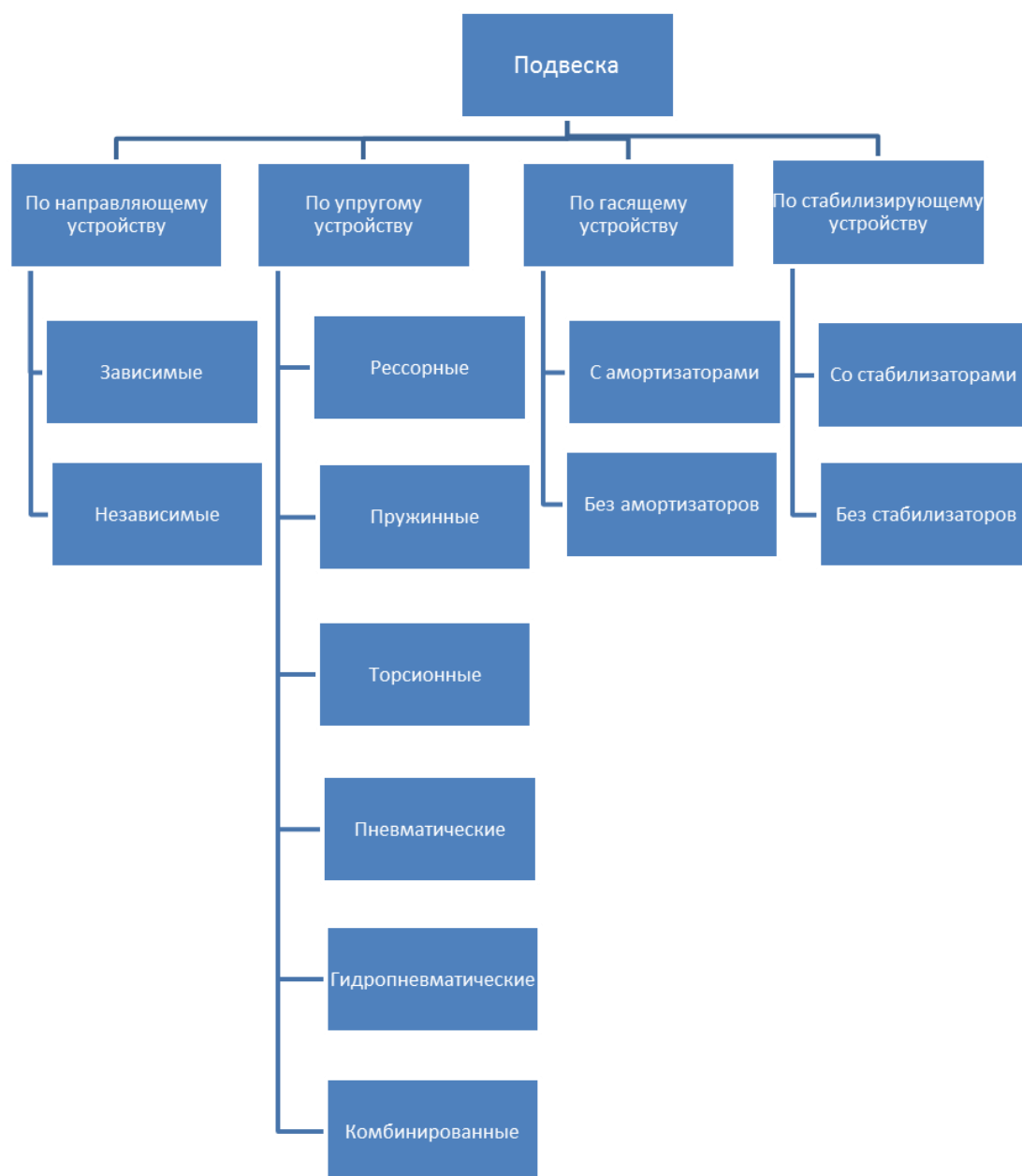


Рис.3.Классификация подвески по устройствам

Наиболее простой в использовании активной подвеской является пневматическая подвеска. Любая современная пневматическая подвеска в обязательном порядке оснащается собственной системой управления, включающей в себя датчики:

- 1)Текущего уровня кузова машины над дорожным покрытием;
- 2)Ускорения транспортного средства;
- 3)Давления в системе;
- 4)Температуры компрессора.

Информация от них поступает в электронный блок управления, который ее обрабатывает в режиме реального времени и формирует сигналы, передающиеся на исполнительные устройства. Практически всегда блок управления пневматической подвеской находится в тесном взаимодействии с

системой курсовой устойчивости и электронным блоком управления (ЭБУ) двигателя. Что касается исполнительных устройств, то таковыми являются клапаны создания, поддержания и сброса давления, а также реле включения компрессора.

Обычно предусмотрено три режима работы пневматических подвесок:

- 1) Нормальный;
- 2) Повышенный;
- 3) Пониженный.

В нормальном режиме пневматические подвески функционируют тогда, когда транспортные средства следуют по ровным дорогам с твердым покрытием на скоростях, не превышающих 100 км/ч. Если передвижение происходит на низких скоростях, то клиренс повышается, причем это делается водителем вручную, с помощью установленного в кабине переключателя. Чаще всего этот режим используется при движении по бездорожью. При езде по дорогам с ровным твердым покрытием со скоростями, превышающими 100 км/ч, используется пониженный режим. Переключение в него также осуществляется водителем вручную.

Автоматическая корректировка осуществляется тогда, когда автомобиль проходит повороты. Производится она путем закачивания в соседние подушки большего количества воздуха для того, чтобы снизить боковые крены. После того, как поворот пройден, «лишний» воздух стравливается через клапаны.

Таким образом, применение активной подвески позволяет повысить степень управляемости автомобиля, обеспечивая тем самым безопасные условия его эксплуатации в разных условиях.

Список литературы

1. Подвеска автомобиля и её виды [Электронный ресурс] // URL:https://fastmb.ru/soveti_auto/2356-vidy-i-naznachenie-podveski.html (Дата обращения 09.11.2018)
2. Статистика ДТП, связанных с техническим состоянием автомобиля [Электронный ресурс] // URL:<http://www.transportpart.ru/pojds-111-2.html> (Дата обращения 09.11.2018)
3. Устройство и принцип активной подвески [Электронный ресурс] // URL:<https://techautoport.ru/hodovaya-chast/podveska/adaptivnaya-podveska.html> (Дата обращения 09.11.2018)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА

Н.А. Найденко, В.Н. Коршун

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева*

Аннотация. В статье дается описание модернизации трансмиссии трелёвочного трактора ТТ-4М. Механическая трансмиссия заменяется электрической с частотным регулированием скорости. С трактора снимается карданная передача, задний мост, бортовые

редукторы. Вместо заднего моста устанавливается электрическая трансмиссия с электрическими мотор-редукторами. Ходовая система трактора не изменяется.

Ключевые слова: лесное хозяйство, трелевочный трактор, электрическая трансмиссия, частотное регулирование, конструирование.

MODERNIZATION OF THE FORESTRY TRACTOR

N.A. Naidenko, V.N. Korshun

Reshetnev Siberian State University Science and Technology

Abstract. The modernization of forestry tractor transmission ТТ-4М is given in the article. Gear mechanical transmission is replaced by electric transmission with frequency-controlled speed. The tractor is removed cardan transmission, back axle and final drives. The electric transmission with electric gear motors gearbox is installed in return a back axle. The support system of the tractor does not change.

Keywords: forestry, skidder, electric transmission, frequency-controlled speed, design.

Условия работы машин в лесном хозяйстве существенно отличаются от их функционирования в других отраслях экономики. Прежде всего – машины работают в лесной экосистеме. Лесная наземная поверхность обладает низкой несущей способностью, имеет неровный микро и макрорельеф, присутствуют единичные включения, такие как пни, поваленные деревья и т.д. Движение машин по лесу ограничено их габаритами и низкой манёвренностью. Все эти предпосылки потребовали создания концепции лесохозяйственного трактора. Концепция компоновки лесохозяйственного трактора была разработана в середине 20 века, когда у страны возникла потребность в заготовке большого объема древесины. Было создано две концепции трактора для лесного хозяйства. Первая концепция получила воплощение в конструкции трелевочного трактора ТТ-4. Вторая была реализована в конструкции трактора ТДТ-55. В семидесятых годах была создана концепция трелевочного трактора ТТ-4М.

Компоновка трактора ТТ-4М отличалась существенно от компоновки сельскохозяйственного гусеничного трактора (рис. 1) [1]. Кабина 1 была смещена вперед, двигатель 2 располагался сбоку от нее. Спереди машина снабжалась толкателем 3, сзади - навесной системой 5 и валом отбора мощности 6. Такая компоновка создавала хорошую переднюю обзорность, и высвобождала площадку за кабиной для размещения технологического оборудования 4. Ходовая система снабжалась катками большого диаметра, установленными на рычажно-балансирной подвеске. Передние направляющие катки и задние ведущие звездочки были приподняты для улучшения проходимости (ЛХТ-100А, Онежец 180-12). Для работы на грунтах с низкой несущей способностью опорная поверхность трактора увеличивается за счет уширения гусениц и понижения оси ведущего колеса, выполняющего функции дополнительного катка (ВТ-100ДТ). При такой компоновке удельное давление на грунт снижается до 0,026 МПа, и трактор может перемещаться по снежной поверхности с глубиной снега до 1 м, преодолевать водные преграды и крутые

склоны, переезжать поперек штабеля круглых лесоматериалов. Лесохозяйственный трактор традиционной компоновки может иметь до трех технологических пространств для размещения технологических машин или дополнительного технологического оборудования.

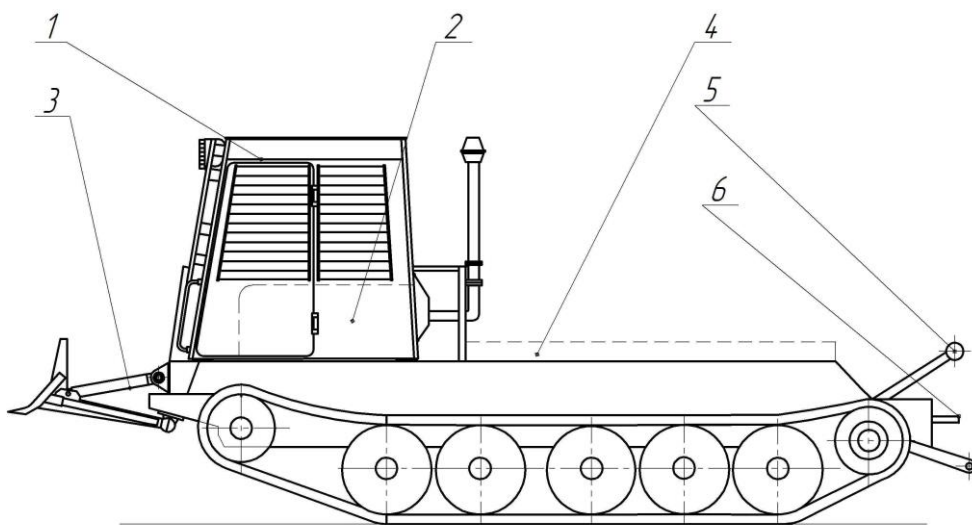


Рис.1. Компоновка трактора для лесного хозяйства

Компоновка трелевочного трактора ТТ-4М была настолько удачной, что многие технические параметры машины не устарели до настоящего времени. Основным недостатком конструкции трактора ТТ-4М было применение ступенчатой механической трансмиссии. При использовании в его силовом приводе ступенчатых механических трансмиссий режим трогания с места выполнялся не при нулевых значениях скорости, что приводило к рывкам, повреждению почвенного лесного покрова и снижению проходимости. Кроме того было реализовано не достаточно тягово-динамических характеристик движения машины.

В последние годы появились технологии регулирования скорости электрических двигателей при помощи изменения частоты питающего электрического тока. Не требуется тяжелых трансформаторов. Эта технология позволяет плавно варьировать скорость движения трактора в широком диапазоне скоростей и сил тяги, начиная от нулевых значений. Механическая характеристика электрического двигателя с частотным регулированием скорости вращения (зависимость угловой скорости и вращающего момента) является идеальной для трелевочных тракторов, работающих в условиях вырубki. В современных трелевочных тракторах данные трансмиссии не применяются.

Быстрый рост рынка преобразователей частоты для асинхронных двигателей стал возможен в последние годы в связи с появлением новой элементной базы – силовых модулей на базе IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором). Требования к электроприводу определяются диапазоном требуемых скоростей и типом нагрузки на трелевочный трактор.

Тяговые тракторы имеют переменную механическую характеристику, для которой вращающий момент возрастает с увеличением скорости вращения.

У трактора ТТ-4М снимается силовая передача и задний мост с ведущими колесами. Гусеничный ход не модернизируется. Устанавливается электростанция и силовой модуль, вместо заднего моста. Мощностные и скоростные параметры идентичны параметрам базовой машины [2] (рис.2).

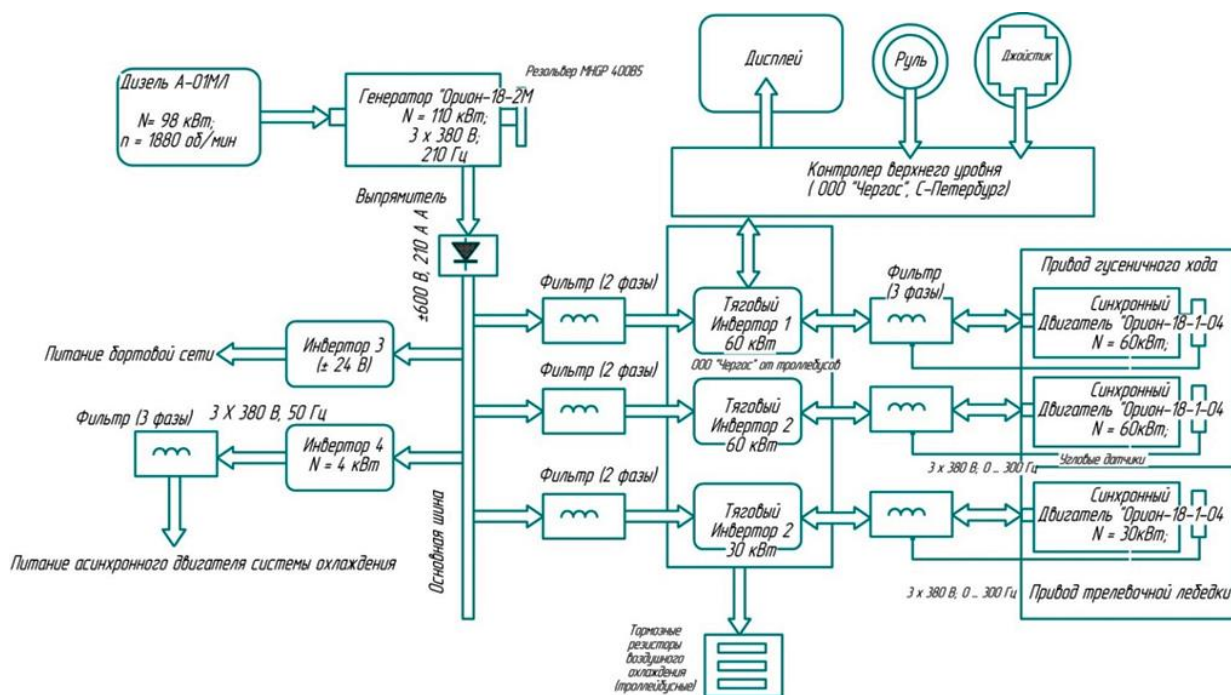


Рис. 2. Принципиальная схема электрической трансмиссии трактора ТТ-4М

Схема включает (рис. 2): дизельный двигатель трактора ТТ-4М, высокочастотный генератор-электростанцию с муфтой сцепления, фильтры и тяговые инверторы. В силовом модуле установлены мотор-колеса с электроприводом, скорость которых регулируется частотой электрического тока. Гусеничные ходы идентичны гусеничным ходам трактора ТТ-4М. Поворот поезда выполняется изменением скоростей движителей. Все элементы трансмиссии являются заимствованными и выпускаются фирмой «Орион» (Беларусь). Синхронные электродвигатели «Орион» применяются в паре с частотными инверторами. Имеют собственную систему охлаждения. В трансмиссии трактора устанавливается три электродвигателя. Два электродвигателя служат для привода каждой ведущей звездочки ходовой системы трактора и один – для привода лебедки.

Для изменения скорости двигателя меняется амплитуда и фаза статорного тока, что составляет вектор, однако для управления фазой тока, а значит, и фазой магнитного поля статора относительно вращающегося ротора необходимо знать точное положение ротора в любой момент времени. Для этого на ведущих звездочках ходовой системы трактора установлены датчики поворота колес в любой момент времени. Это система управления с обратной связью [3].

Для управления машиной в режиме торможения используются сами электроприводы. Самый простой способ торможения – выбег электродвигателя. Двигатель отключается от питающей сети и останавливается по инерции. При этом время до полного останова не регулируется и определяется инерционными свойствами двигателя и его нагрузки. Управляемый режим торможения трактора обеспечивается генераторным способом. Он заключается в том, что преобразователь с необходимой скоростью уменьшает выходную частоту до требуемого значения. При этом двигатель превращается в генератор, преобразуя кинетическую энергию вращения в электрическую. Возвращённая электрическая энергия либо накапливается, либо рассеивается. На схеме (рис. 2) для этого установлены тормозные резисторы.

Список литературы

1. Коршун, В.Н. Концепция трактора для лесного хозяйства / В.Н. Коршун // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 5. С. 16-19.
2. Дементьев Ю.Н. Электрический привод: учебное пособие / Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 232 с.
3. Коршун В.Н. Основы теории функционирования механической энергии в технологических машинах / В.Н. Коршун // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 8. С. 5-8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ АККУМУЛИРОВАНИИ ЭНЕРГИИ СЖАТОГО ВОЗДУХА В ГИДРОПРИВОДЕ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЯ

В.О. Никонов, В.И. Посметьев

*Воронежский государственный лесотехнический
университет им. Г. Ф. Морозова*

Аннотация. В статье представлена схема устройства аккумулирования энергии сжатого воздуха в гидроприводе лесовозного автомобиля. Описана схема размещения на лесовозном автомобиле с прицепом механизмов рекуперации энергии сжатого воздуха. Приведены результаты имитационного моделирования тепловых процессов при аккумулировании энергии сжатого воздуха в пневмоцилиндрах предлагаемого устройства.

Ключевые слова: *рекуперация энергии, лесовозный автомобиль, аккумулирование сжатого воздуха, механизм рекуперации, гидропривод, пневмоцилиндр.*

RESULTS OF IMITATION MODELING OF THERMAL PROCESSES WHEN ACCUMULATING THE ENERGY OF COMPRESSED AIR IN A HYDRAULIC DRIVE OF A FOREST VEHICLE WITH A TRAILER

V.O. Nikonov, V.I. Posmetev

Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova

Annotation. The article presents a diagram of the device for storing the energy of compressed

air in the hydraulic drive of a forest truck. The layout of a truck with a trailer for the energy recovery of compressed air is described. The results of simulation of thermal processes in the accumulation of compressed air energy in the pneumatic cylinders of the device are presented.

Keywords: *energy recovery, forest truck, compressed air storage, recovery mechanism, hydraulic drive, pneumatic cylinder.*

Одним из перспективных и реализуемых способов повышения эффективности лесовозных автомобилей (ЛА) является оснащение их рекуперативными механизмами, обеспечивающими снижение расхода топлива на 20-25 % путем накопления и использования в процессе работы возникающих энергетических потерь. Опыт использования систем рекуперации энергии в ЛА подтверждает снижение потребной мощности двигателя ЛА на 25-30 % [1-6].

На основе анализа результатов, полученных при изучении состояния вопроса, авторами была предложена конструкция ЛАП с рекуперативным гидроприводом, схема размещения рекуперативных механизмов которого представлена на рисунке 1. Здесь механизмами рекуперации являются стрела 3, рукоять 4 и опорно-поворотное устройство гидроманипулятора 8, гидромоторы колес 9 и подвески 10 лесовозного автомобиля с прицепом (ЛАП) и тягово-сцепное устройство 14.

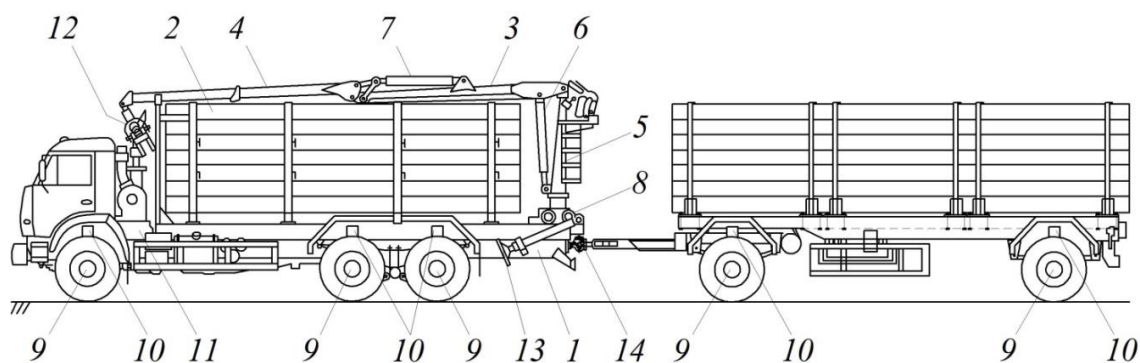


Рис. 1. Схема размещения рекуперативных механизмов на ЛАП

В качестве рабочего тела в предлагаемых рекуперативных механизмах ЛАП может применяться не только энергия давления рабочей жидкости, но и энергия давления сжатого воздуха, что, и применено в предлагаемой авторами схеме устройства, позволяющему в процессе работы гидравлического привода ЛАП аккумулировать, преобразовывать и использовать энергию сжатого воздуха (рис. 2) [7, 8].

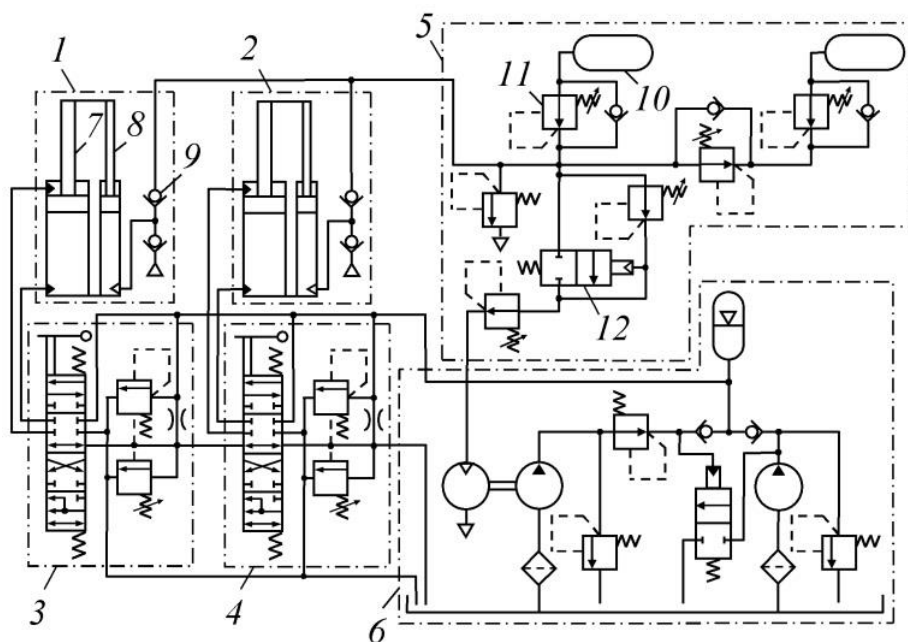


Рис. 2. Схема устройства аккумулирования сжатого воздуха:

- 1, 2 – механизмы рекуперации энергии; 3, 4 – гидравлические распределители, 5 – пневматический аккумуляторный агрегат; 6 – гидравлический насосный агрегат; 7 – гидравлический цилиндр, 8 – пневматический цилиндр; 9 – обратный пневматический клапан; 10 – ресивер; 11 – редукционный пневматические клапаны; 12 – двухпозиционный распределитель

Одной из важных проблем практической реализации предлагаемой схемы (рис. 2) является повышение КПД процесса аккумулирования в ресивере энергии сжатого воздуха, на основе сокращения возникающих в нем тепловых потерь. Причиной тепловых потерь является появление свободной конвекции в результате увеличения или уменьшения температуры сжатого воздуха, соответственно при его быстром сжатии или расширении, приводящей к повышению теплопередачи между сжатым воздухом и стенкой ресивера, и как следствие способствующей возникновению негативных последствий, проявляемых в виде накопления влаги в ресивере и обмерзании элементов пневмомагистрали, и пневматического двигателя.

Для решения этой проблемы была разработана компьютерная программа и выполнено имитационное моделирование, позволяющее задавать геометрические и теплофизические параметры элементов пневмосистемы и исследовать их влияние на эффективность аккумулирования энергии сжатого воздуха и величину тепловых потерь. В процессе работы программа регулярно выводит на экран две проекции исследуемого элемента пневмосистемы, картограммы распределения температуры в сечениях, профили температуры по заданным направлениям.

Компьютерные эксперименты с разработанной моделью заключались в многократном движении поршня пневмоцилиндра по синусоидальному закону, имитирующему работу совмещенного гидро- и пневмоцилиндра в манипуляторе в технологическом цикле. В ходе эксперимента изменение

пространственного распределения температуры осуществлялось для четырех условно принятых установившихся циклов (рис. 3).

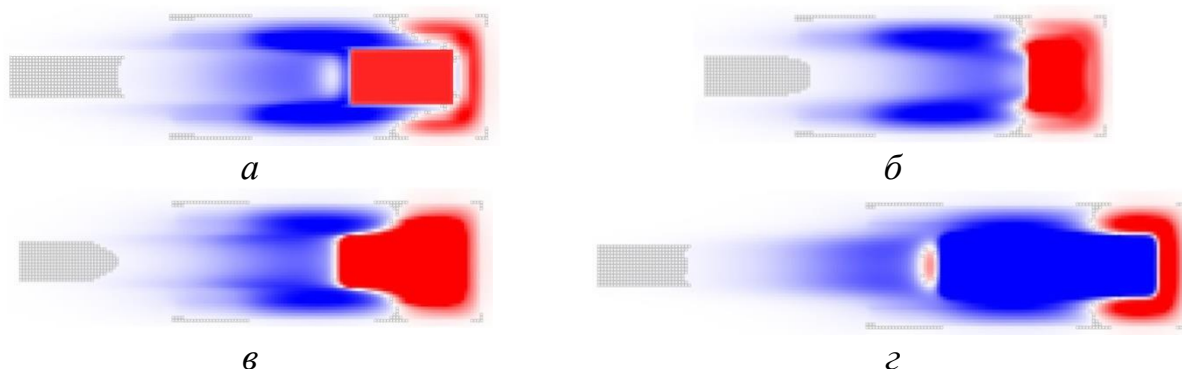


Рис. 3. Картограммы пространственного распределения температуры в пневмоцилиндре в различных циклах:

а – поршень движется вправо; *б* – максимальное сжатие;
в – поршень движется влево; *г* – максимальное разряжение

При движении поршня вправо (рис. 3, *а*) воздух в рабочей полости сжимается (рис. 3, *б*), что приводит к его нагреву и распространению повышенной температуры в стенки пневмоцилиндра и слой теплоизоляции вокруг рабочей полости. Движение поршня влево (рис. 3, *в*) приводит к расширению воздуха, из-за чего он охлаждается ниже температуры окружающей среды (рис. 3, *г*). Снижение температуры охватывает стенки пневмоцилиндра, поршень и шток.

Несмотря на то, что область охлаждения охватывает больший объем, максимальное снижение температуры не превышает 30 К (рис. 4, *а*). В то же время

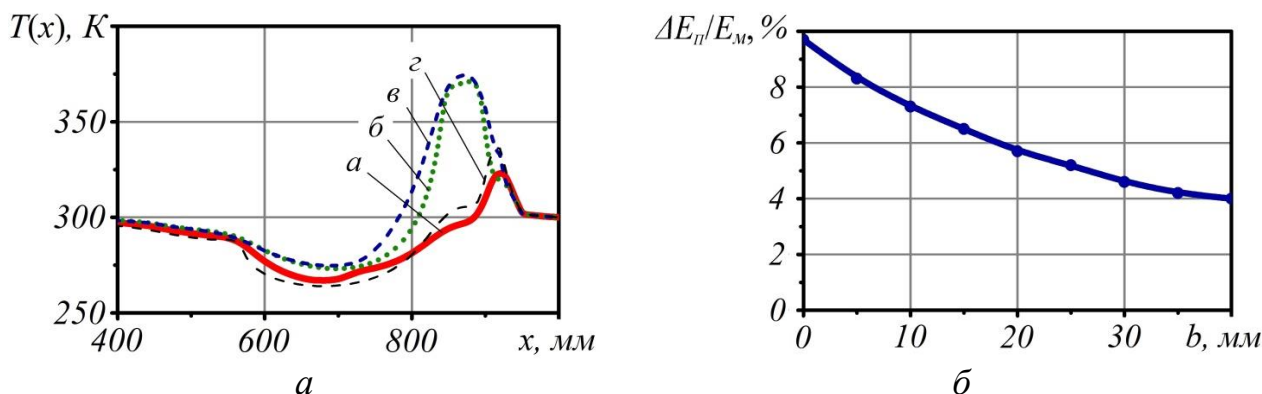


Рис. 4. Зависимости тепловых процессов:

а – профили температуры вдоль металлической стенки пневмоцилиндра по длине *x* в различные циклы; *б* – влияние толщины *b* слоя теплоизоляции пневмоцилиндра на тепловые потери энергии $\Delta E_{п}/E_{м}$ в нем при аккумулировании сжатого воздуха в области нагрева, меньшей по объему, нагрев стенки пневмоцилиндра может достигать 75 К, циклически меняясь от 25 до 75К.

Из-за потери тепла сжатым воздухом в рабочей полости снижается его внутренняя энергия, что не позволяет аккумулировать с помощью пневмосистемы определенную часть механической энергии движения поршня. Для оценки энергетических потерь системы рекуперации сжатого воздуха в пневмоцилиндре проведена серия компьютерных экспериментов, в которой изменяли толщину теплоизоляционного слоя b вокруг пневмоцилиндра от 0 до 40 мм с шагом 5 мм. В качестве материала для теплоизолятора рассматривается группа неорганических материалов с теплопроводностью 0,040 Вт/(м·К). В качестве показателя потерь энергии принята разность $\Delta E_{\text{п}} = E_{\text{м}} - E_{\text{г}}$ между механической работой $E_{\text{м}}$ по перемещению поршня в пневмоцилиндре в процессе дальнейшего поступления сжатого воздуха $E_{\text{г}}$ в ресивер. Для удобства восприятия анализируются относительные потери энергии $\Delta E_{\text{п}}/E_{\text{м}}$, то есть доля потерь энергии в общей работе по аккумулированию сжатого воздуха (рис. 4, б).

Улучшение теплоизоляции приводит к существенному снижению энергетических потерь (рис. 4). Наибольшее снижение потерь – с 9,7 до 5 % – происходит при толщине теплоизолирующего слоя 20 ... 30 мм. Дальнейшее увеличение толщины b не целесообразно, так как почти не приводит к снижению тепловых потерь (около 1 % при увеличении b от 25 до 40 мм), однако требует значительного увеличения габаритов пневмоцилиндра.

Список литературы

1 Посметьев, В. И. Повышение эффективности лесовозного автомобиля с помощью рекуперативного гидропривода [Электронный ресурс] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 131(07).

2 Патент на изобретение № 2668093 РФ, МПК А01G 23/00, В66F 9/22. Рекуперативный гидропривод лесовозного автомобиля [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев, М. А. Латышева ; заявитель ФГБОУ ВО ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова. – № 2017136631 ; заявл. 17.10.2017 ; опубл. 26.09.2018.

3 Посметьев, В. И. Обоснование схемы лесовозного автомобиля, оснащенного перспективной конструкцией колесного модуля с гидроприводом [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 3 (58). – С. 27-34.

4 Посметьев, В. И. Перспективная конструкция гидравлического колесного модуля независимой подвески для автомобилей [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 9. – С. 28-33.

5 Посметьев, В. И. Результаты компьютерного моделирования движения лесовозного автопоезда с рекуперацией энергии в его подвеске [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев // Лесотехнический журнал. – 2018. – № 3. – С. 176-187.

6 Никонов, В. О. Оценка эффективности лесовозного автопоезда с накопителями энергии в гидромоторах колес на основе компьютерного

моделирования [Текст] / В. О. Никонов, В. И. Посметьев, В. В. Посметьев // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 3 – С. 46-54.

7 Никонов, В. О. Анализ состояния и оценка целесообразности использования сжатого воздуха как накопителя энергии в рекуперативных системах транспортных машин [Электронный ресурс] / В. О. Никонов, В. И. Посметьев // Воронежский научно-технический вестник. – 2017. – Т. 3, № 3 (21). – С. 30-48.

8 Посметьев, В. И. Повышение эффективности гидропривода многофункционального автомобиля для ухода за полезными лесными полосами [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, № 4 (55), 2017. – С. 140-149.

СНИЖЕНИЕ ТРЯСКИ В КОЛЁСНОМ ТРАКТОРЕ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ ДВИЖИТЕЛЯ

С.Н. Орловский

Красноярский государственный аграрный университет

Аннотация. Анализ конструкций колёсных тракторов с учетом их преимуществ и недостатков позволяет найти оптимальное решение в создании схемы сменного гусеничного движителя для тракторов класса 6 – 14 кН. Трактор Т-25А с комбинированным движителем он сочетал бы положительные качества как колесного, так и гусеничного, то есть эффективно работающего в любых условиях с высоким КПД и продолжительным сроком службы. Создание сменного колесно-гусеничного движителя позволяет в полевых условиях изменить колесную формулу базового трактора Т-25А с 4 х 2 на 6 х 4 и при необходимости смонтировать легкоъемные гусеницы на ведущие колеса. Эти изменения возможны с небольшой модернизацией трактора и не требуют специального оборудования. Целью данной работы является модернизация колесно-гусеничного движителя на базе трактора Т-25А, имеющего более высокие показатели технической характеристики с целью применения его для прокладки минерализованных опорных полос при борьбе с лесными пожарами.

Ключевые слова: трактор, движитель, балансир, привод, тряска, тяговое усилие.

THE REDUCTION OF SHAKING IN THE WHEEL TRACTOR MODERNIZATION MOVER

S.N. Orlovsky

Krasnoyarsk state agrarian University

Abstract. An analysis of the designs of wheeled tractors, taking into account their advantages and disadvantages, makes it possible to find the optimal solution in creating a replacement crawler propulsion scheme for tractors of class 6–14 kN. The T-25A tractor with a combined propulsion unit would combine the positive qualities of both wheeled and tracked, that is, effectively working in any conditions with high efficiency and long service life. Creating a replaceable wheel-track propulsor allows in field conditions to change the wheel formula of the basic tractor T-25A from 4x2 to 6x4 and, if necessary, mount easily removable tracks to the drive wheels. These changes are possible with a small upgrade of the tractor and do not require special equipment. The purpose of this work is the modernization of the wheel-track-type propulsion unit on the basis of the T-25A tractor, which has higher technical performance indicators in order to use it for laying mineralized

support strips in fighting forest fires.

Keywords: tractor, propulsion, balancer, drive, shaking, tractive effort.

Характерным примером технического решения модификации колёсного трактора в колёсно-гусеничный является агрегат лесопожарный колёсный АЛК-25 и его модификация АЛК-25 М с колёсно-гусеничным двигателем конструкции ВНИИПОМлесхоза [1].

Особенностью данного двигателя является:

- простота конструкции;
 - удобство монтажа на трактор и эксплуатации двигателя;
 - обеспечение высокого тягового усилия трактора в зимний период, а также на грунтах с низкой несущей способностью;
 - повышение транспортных скоростей по значениям допустимых вертикальных ускорений остова тракторов;
- высокая проходимость в тяжёлых дорожных условиях.

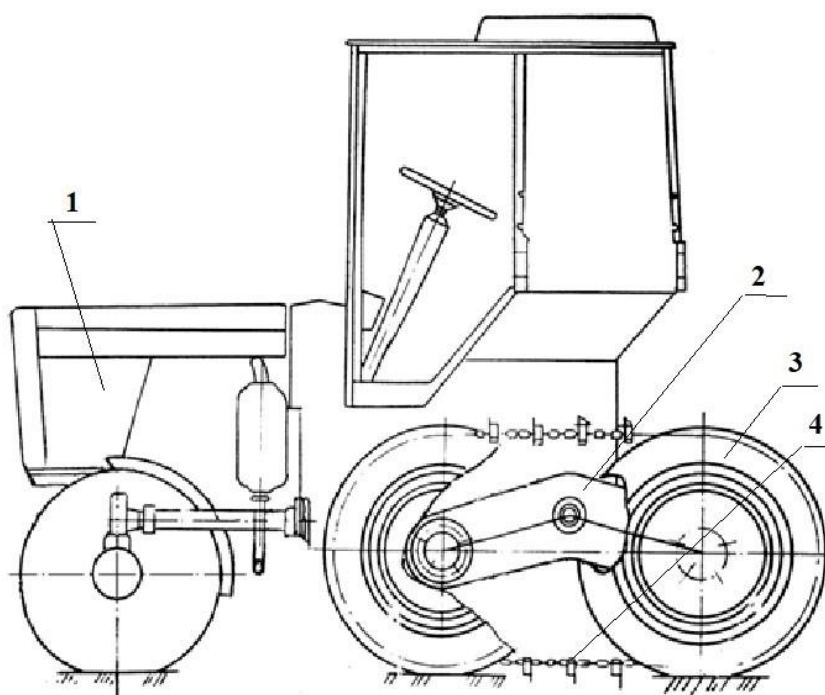
Цель работы – модернизация двигателя трактора Т-25А для применения его на лесопожарных работах в условиях бездорожья и движения по лесу.

Оборудованный колёсно-гусеничным двигателем трактор АЛК-25 М на переувлажнённых грунтах при испытаниях имел показатели технической характеристики, аналогичные тракторам более высокого тягового класса, но значительно меньшую стоимость.

Модернизация конструкции двигателя к трактору Т-25А обеспечила повышенное тяговое усилие, транспортную скорость, проходимость по пересеченной местности, а также надежность и бесшумность работы. Тяговое усилие трактора оказалось на 15 и 33 процента выше по сравнению с аналогом, удельное давление на грунт ниже на 20 и 280 процентов (в колесном и гусеничном вариантах соответственно). Вибрация и тряски в кабине данного агрегата намного ниже, чем у прототипа, что создает повышенную комфортность на рабочем месте тракториста [2].

Колесно-гусеничный двигатель (далее по тексту КГД) состоит (рис.1) из присоединяемых к фланцам ступиц взамен ведущих колес базового трактора 1 балансиров 2 с колесами 3, на которые при необходимости одеваются гусеничные цепи 4.

В полостях балансиров 2 смонтированы шестеренные передачи, работающие в масляной ванне. Применение балансирной подвески ведущих колес позволяет снизить тряску на рабочем месте тракториста и за счет этого повысить скорости движения. Равенство опорных реакций колес на грунт обеспечивается разностью длин плеч балансиров [1].



1 – базовый трактора, 2 – балансиры, 3 – колеса, 4 – гусеничные цепи

Рис.1. Схема трактора Т-25 с колёсно-гусеничным движителем

Монтаж КГД на трактора осуществляется в следующей последовательности: трактор поднимается усилием навесной системы; задние колеса отсоединяются от ступиц; на шпильки крепления колес крепятся за фланцы колесно- гусеничные движители. Разработка защищена авторским свидетельством на полезную модель № 25876 от 2002 г. Технические характеристики трактора представлены в табл.1.

Таблица 1

Техническая характеристика колесно-гусеничного движителя КГД к трактору Т-25А или самоходному шасси ВТЗ-30СШ

Наименование показателей	Базовый трактор Т-25А	Значения показателей для эксплуатации:	
		На колесах	На гусеницах
Колесная формула	4x2	6x4	Полугусеничный
Подвеска задних колес	Жесткая	Балансирная	
Масса конструктивная, кг	170	310	370
Тяговое усилие на мокрой дернине, кг	500	800	1250
Размер шин задних колес	9,5x32	8,3x20	
Среднее удельное давление движителей на грунт, кПа	40	33	14
Угол поперечной статистической устойчивости, град.	30	50	
Время монтажа движителей на трактор, мин.		14	

Продолжение таблицы 1

Наименование показателей	Базовый трактор Т-25А	Значения показателей для эксплуатации:	
		На колесах	На гусеницах
Колесная формула	4x2	6x4	Полугусеничный
Время монтажа гусениц на колеса движителей, мин.		12	
Привод колес движителя		Шестеренный	
Срок окупаемости капиталовложений, лет		1,5	

Движитель состоит из следующих сборочных единиц: корпуса балансиров (2 шт.); ведущих, промежуточных и ведомых валов; прямозубых цилиндрических передач; ведущих колес; гусеничных цепей. На колеса монтируются шины с дисками от передних колёс трактора МТЗ – 82, модель В-105А. Колёс – 4 шт.

Применение балансирной подвески позволяет снизить вертикальные ускорения в точке опоры сиденья (ТОС) [3] и тем самым повысить скорость движения по критерию допустимых вертикальных ускорений согласно представленным в таблице 2 и на графике (рис.2), полученные при испытаниях агрегата-прототипа АЛК-25 М (Т-25 с колесно-гусеничным движителем) вертикальные ускорения по скоростям движения, м/с.

Согласно [4] пункт 3 для тракторов допускается вертикальные колебания со следующими параметрами, которые представлены в табл.3.

Таблица 2

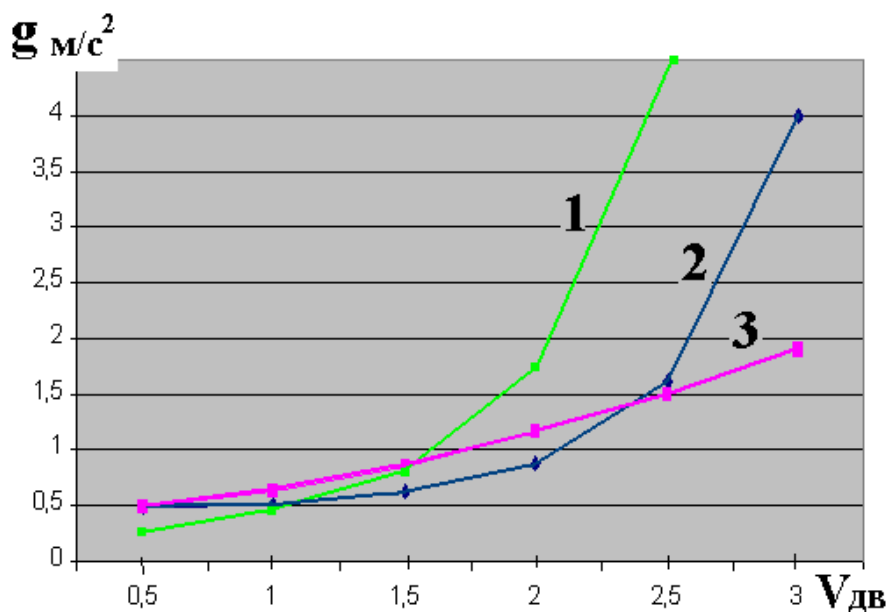
Вертикальное ускорение в ТОС по данным испытаний прототипа АЛК- 25 М

Вертикальное ускорение, g m/c^2			
Скорости движения, м/с	На колесах	На КГД без гусениц	На КГД с гусеницами
0,5	0,35	0,475	0,475
1,0	0,425	0,500	0,625
1,5	0,75	0,625	0,850
2,0	1,7	0,875	1,150
2,5	4,5	1,625	1,500
3,0	-	4,000	1,900
Допустимый уровень колебаний ТОС, g , m/c^2 для трактора класса тяги 6 кН составляет 1,15.			

Таблица 3

Допустимый уровень вертикальных ускорений ТОС тракторов

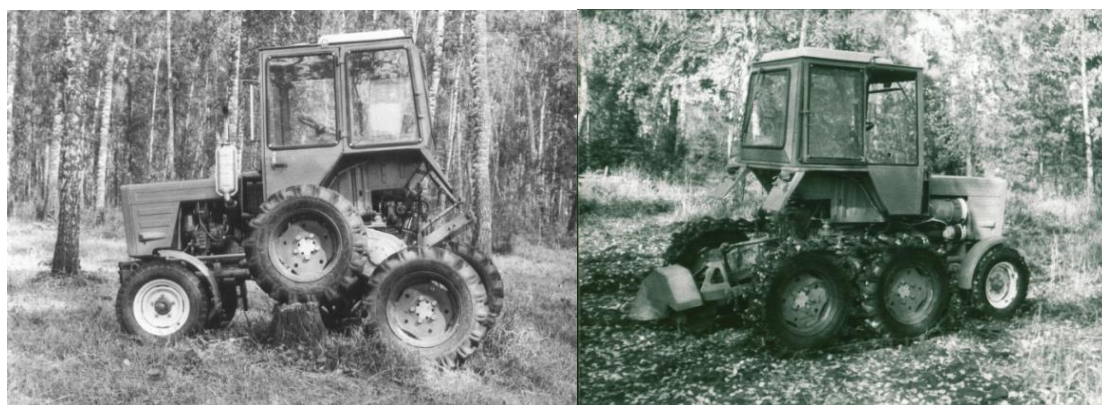
Частоты колебаний, Гц				
Класс тяги, кН	2	4	8	16
6 кН	1,15	0,8	6,6	1,14
30 кН	1,30	0,45	0,35	0,4
50 кН	1,30	0,4	0,25	0,25



- 1 – Базовый трактор с колёсной формулой 4x2;
- 2 – Трактор с колёсной формулой 6x4 и балансирной подвеской задних колёс;
- 3 – Трактор с балансирной подвеской задних колёс и гусеницами на них.

Рисунок 2 – График зависимости вертикальных ускорений ТОС, полученных при испытаниях агрегата – прототипа во ВНИИПОМлесхозе.

Общий вид трактора Т-25 с колёсно-гусеничным движителем представлен на рисунке 3 А, Б.



А - на колёсах

Б –на гусеницах с фрезерным лесопожарным полосопрокладывателем

Рисунок 3 А, Б.Общий вид трактора Т-25 с КГД

Трактор с колёсно–гусеничным движителем можно эксплуатировать также при локализации лесных пожаров в лесном хозяйстве в течение

пожароопасного сезона. Повышение скорости движения позволяет ускорить прибытие к месту пожара и выполнить его локализации на меньшей площади.

Заключение

Модернизация колесно-гусеничного движителя на базе трактора Т-25А дала следующие преимущества:

- Повысились по сравнению с базовым трактором тяговые усилия на слабых грунтах;
- Снизилась глубина колеи;
- Улучшилась проходимость;
- Повысилась за счёт снижения тряски скорости движения.
- Появилась возможность использования трактора в зимнее время без буксования колёс.

Список литературы

1. Орловский, С.Н. Колёсно-гусеничный движитель к трактору Т-25А /С.Н. Орловский «Строительные и дорожные машины» № 6, 1993.
2. Орловский, С.Н Проектирование машин и оборудования для садово – паркового и ландшафтного строительства/ С.Н. Орловский, Красноярск, СибГТУ, 2004.108 с.
3. ГОСТ 12.2 019 - 86 Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности/ М., Госстандарт СССР, 1989. 25 с.
4. ГОСТ 12.1 012 – 90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования./ М., Госстандарт СССР, 1990.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Н.Д. Осипов

Научный руководитель – доцент В.В. Сиваков

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматриваются пути совершенствования дизельных двигателей.

Ключевые слова: *качество, топливо, экологичность, совершенствование.*

WAYS TO IMPROVE DIESEL ENGINES TO IMPROVE THEIR ENVIRONMENTAL SAFETY

N.D. Osipov

Scientific Director - associate Professor V.V. Sivakov
Bryansk state University of engineering and technology

Abstract. The ways of improving diesel engines are considered.

Keywords: *quality, fuel, environmental friendliness, improvement.*

Улучшению качества бензинов, и особенно дизельных топлив, способствовало широкое внедрение в технологические процессы гидроочистки

топлив и в первую очередь дизельных. Межремонтный пробег двигателей на малосернистом дизельном топливе повышается в 1,2 - 1,5 раза по сравнению с их работой на сернистом топливе, примерно в 3 раза увеличивается срок службы деталей цилиндро-поршневой группы.

Принцип работы системы питания дизеля с механическим управлением форсунки состоит в следующем. К топливному насосу высокого давления (ТНВД) подается горючее из топливного бака. За подачу отвечает подкачивающий насос, который создает низкое давление, необходимое для прокачки солярки по топливопроводам.

Далее ТНВД в нужной последовательности осуществляет распределение и нагнетание горючего под высоким давлением в магистрали, ведущие к механической форсунке. Каждая форсунка данного типа открывается для очередного впрыска порции топлива в цилиндры под воздействием высокого давления. Снижение давления приводит к закрытию дизельной топливной форсунки [1].

Распылитель является одной из важнейших составных деталей среди других элементов в устройстве инжекторной форсунки. Распылители могут иметь разное количество распылительных отверстий, отличаться способом регулировки подачи топлива.

Простые дизельные моторы, которые имеют разделенную камеру сгорания, зачастую получают распылитель с одним отверстием и иглой. Дизельные моторы, которые устроены на основе непосредственного впрыска топлива, оборудованы форсунками с несколькими распылительными отверстиями. Число отверстий в таком распылителе колеблется от двух до шести [2].

Эволюция ФСО СП газодизельного двигателя с внутренним смесеобразованием

Система в прошлом	Система питания раздельного типа сегодня			Система в перспективе
	Мазинг, 1934	Малов, 1972	Файнлейб, 1970	
Система питания компрессорного дизеля	Насыщение топлива газом	Система подачи топлива	Система подачи топлива	<i>Линия высокого давления топл.</i>
<i>Линия высокого давления воздуха</i>	Система питания дизеля	Насыщение топлива газом	<i>Линия высокого давления топл.</i>	Канал в форсунке
Канал в форсунке	Система подачи топлива	<i>Линия высокого давления топл.</i>	Смешение с жидким газом	Канал в распылителе
Образование газо-воздушной смеси	<i>Линия высокого давления топл.</i>	Канал в форсунке	Канал в форсунке	Образование эмульсии

Рис.1. Эволюция федеральной службы охраны газодизеля

Подача топлива регулируется зависимо от конструкции распылителя, так как существуют два основных типа подобных решений:

- распылитель с возможностью перекрытия каналов;
- распылитель с перекрываемым объемом.

Преимущества дизельного ДВС:

- дозирование строго определенного количества топлива с учетом нагрузки на двигатель в том или ином режиме его работы;
- эффективный впрыск топлива в заданный промежуток времени с определенной интенсивностью;
- распыление и максимально равномерное распределение горючего по объему камеры сгорания в цилиндрах дизельного ДВС;
- предварительная фильтрация топлива перед подачей горючего в насосы системы питания и инжекторные форсунки.

Недостатки:

- 1) Цена
- 2) Небольшой рабочий объем
- 3) Медленный прогрев двигателя (особенно в зимний период)
- 4) Дорогое обслуживание
- 5) Высокие требования к качеству топлива
- 6) Шумы и вибрации
- 7) Большой вес

Для повышения мощности и экологичности дизельного двигателя применяется ряд методов:

- 1) Фильтрация
- 2) Сепарация
- 3) Присадки
- 4) Нормированное содержание серы и цетанового числа в дизельном топливе [3].

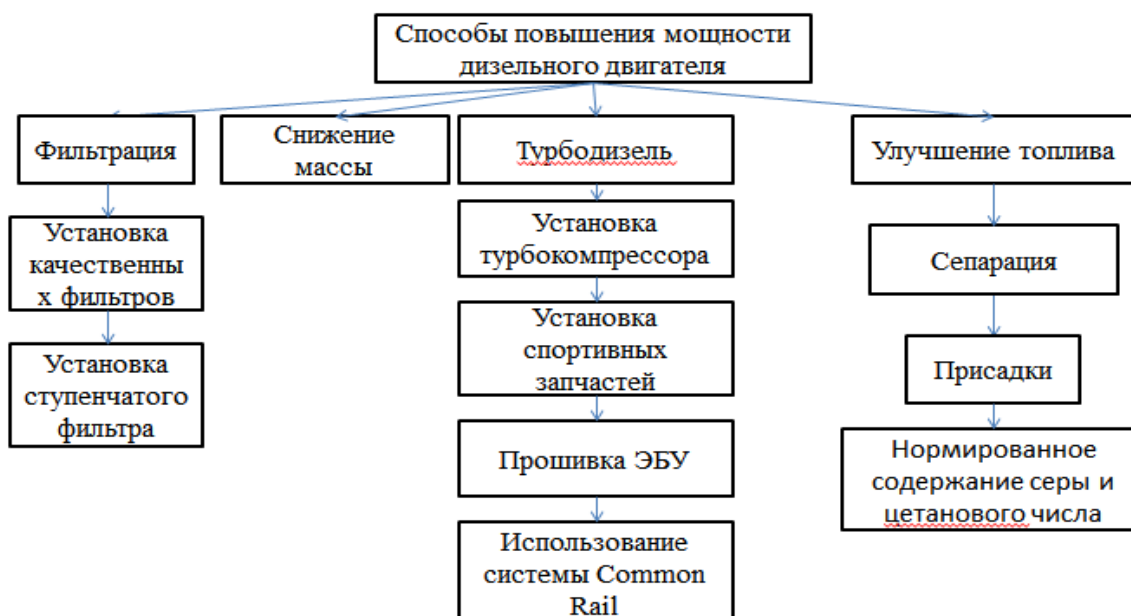


Рис.2. Способы повышения мощности дизельного ДВС



Рис.3.Способы повышения экологичности дизельного ДВС

Таким образом, задача повышения мощности и экологичности дизельного ДВС и топлива является важной задачей, от решения которой зависит эффективность применения дизельных двигателей, особенно на волне запрета их использования в США и Европе.

Список литературы

1. Дизельные форсунки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://krutimotor.ru/ustrojstvo-forsunki-dizel/>. (Дата обращения 10.11.18)
2. Автокриминалист [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://avtokriminalist.ru/poleznoe/ustrojstvo-avto/89-dvigatel/957-sistema-pitaniya-dizelnogo-dvigatelya>. (Дата обращения 10.11.18)
3. За рулем.рф [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://wiki.zr.ru/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F>. (Дата обращения 10.11.18)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТРАКТОРНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН

С.Г. Пархоменко

Азово – Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде

Аннотация. Статья посвящена разработке эффективной методики определения оптимального сочетания параметров внутреннего строения тракторных пневматических шин. Одним из факторов, влияющим на показатели функционирования машинно-тракторных агрегатов, является совершенство движителей, среди которых колёсные являются доминирующими. Оптимизация параметров пневматической шины как одного из звеньев колебательной системы и основного элемента колёсного движителя является одним из

направлений повышения эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов. Исследования выполнены с целью разработки эффективной методики определения упруго-демпфирующих, деформационных, тяговых характеристик тракторных пневматических шин, позволяющей корректно сравнивать различные их варианты. В процессе экспериментальных исследований изучались характеристики пневматических шин размера 16,9-30 радиальной и диагонально-параллельной конструкции. Шинный тестер позволяет выполнить определение необходимых показателей в реальных условиях эксплуатации. Разработанная методика исследований позволяет определять необходимые характеристики пневматических шин, выполнять сравнения различных вариантов. Деформационные характеристики пневматических шин в общем случае их нагружения показывают, что они испытывают продольную, крутильную и радиальную деформации. Определены оптимальные параметры диагонально-параллельной шины: слойность каркаса – 6, угол наклона нитей корда к меридиану в самом широком месте – 33,4°, внутреннее давление воздуха – 0,0995 МПа.

Ключевые слова: *пневматическая шина, деформация, коэффициент полезного действия, площадь контакта, почва, уплотнение.*

IMPROVING THE DESIGN OF TRACTOR PNEUMATIC TIRES

S.G. Parkhomenko

Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FGBOU VO Don State Agrarian University in Zernograd

Annotation. The article is devoted to the development of an effective technique for determining the optimal combination of parameters of the internal structure of tractor pneumatic tires. One of the factors affecting the performance indicators of machine-tractor units is the perfection of the propulsors, among which the wheels are dominant. Optimization of the parameters of pneumatic tire as one of the links of oscillatory system and the main element of wheel propulsion is one of the directions of increasing the efficiency of operation of machine and tractor units. The research was carried out with the aim of developing an effective technique for determining the elastically damping, deformation, and traction characteristics of tractor pneumatic tires, which makes it possible to correctly compare their various variants. In the course of experimental studies, the characteristics of pneumatic tires of the size 16.9-30 of radial and diagonal-parallel structures were studied. Tire tester allows to perform determination of the required indicators in real operating conditions. The developed research methodology allows to determine the necessary characteristics of pneumatic tires, perform comparisons of various options. The deformation characteristics of pneumatic tires in the general case of their loading show that they experience longitudinal, torsional and radial deformations. The optimal parameters of diagonal-parallel tire were determined: the ply lamination is 6, the cord inclination to the meridian in the widest place is 33.4°, the internal air pressure is 0.0995 MPa.

Keywords: *pneumatic tire, deformation, coefficient of efficiency, contact area, soil, compaction.*

Введение

Повышение эффективности производства продукции растениеводства возможно путём использования современных технических средств [1], воздействующих на обрабатываемую среду альтернативными способами снижения энергозатрат: с применением вибраций [2], разнонаправленными [3, 4, 5] и деформациями растяжения [6], также за счёт оптимизации эксплуатационно-технологических показателей [7, 8].

Одним из факторов, влияющим на показатели функционирования машинно-тракторных агрегатов, является совершенство двигателей, среди которых колесные являются доминирующими. В общем случае при движении ведущего колеса по деформируемой поверхности (почве) происходит радиальная и тангенциальная деформации шины, радиальные колебания элементов шины, смятие грунта, проскальзывание отдельных частей пятна контакта шины относительно опорной поверхности, вертикальные колебания и буксование колеса. На все это затрачивается энергия, полученная шиной от двигателя. Тягово-сцепные свойства тракторов могут быть улучшены путем выбора оптимальных для данных условий работы размеров шин, давления воздуха в шинах и нагрузки на шины, применением дополнительных приспособлений (полугусеничного хода, дополнительных почвозацепов, ведущих осей и сдвоенных шин) [9, 10, 11].

Процесс взаимодействия двигателей с почвой определяется характером изменения напряжений и деформаций в почве при воздействии на нее двигателя и характеризуется затратами энергии на образование колеи, сопротивление перекатыванию и буксование и величиной реализуемой двигателями касательной силы тяги.

Оптимизация параметров пневматической шины как одного из звеньев колебательной системы и основного элемента колесного двигателя является одним из направлений повышения эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов [9, 10, 11].

Цель исследований

Исследования выполнены с целью разработки эффективной методики определения оптимальных упруго-демпфирующих, деформационных, тяговых характеристик тракторных пневматических шин.

Материалы и методы

В процессе экспериментальных исследований изучались характеристики пневматических шин размера 16,9-30 радиальной (серийные) модели Ф-39 и диагонально-параллельной (опытные) конструкции [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Элементы наружной геометрии и высота грунтозацепов, коэффициент насыщенности рисунка протектора опытных шин такие же, как у серийных шин 16,9R30 модели Ф-39. Нити корда диагонально-параллельная шина шины расположены таким образом, что составляют острый угол с направлением движения, причем направление нитей в смежных слоях одинаковое. Вследствие этого под действием крутящего момента они работают на растяжение, а под действием вертикальной нагрузки в зоне контакта – на изгиб.

Экспериментальные исследования пневматических шин производились на мобильной установке "шинный тестер" [9, 10, 11, 12]. Шинный тестер (рис. 1) содержит тягач 1, шарнирную раму, включающую привалочную 2, промежуточную и заднюю секции, ось, закрепленную в измерительных узлах, механизм привода испытываемого колеса, механизм компенсации реактивного момента, состоящий из траверсы 4 и реактивных тяг 3, 5 и 6, путеизмерительное колесо 9, регистрирующую аппаратуру и пульт управления, расположенные в кабине трактора. Нагрузка на ось испытываемого колеса

задается с помощью грузов 7, размещаемых на задней секции рамы тестера. Для измерения пройденного пути и скорости движения и буксования служит путеизмерительное колесо 9.

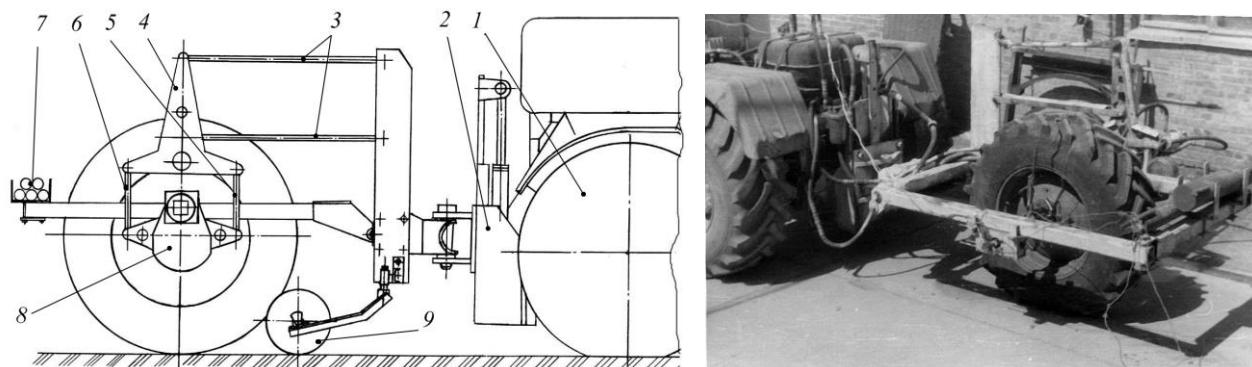


Рис. 1. Шинный тестер [9, 10, 11, 12]:

1- тягач; 2- привалочная рама; 3, 5, 6 – реактивные штанги; 4 - траверса; 7 - грузы; 8 – цилиндрический редуктор; 9 – путеизмерительное колесо

Крутящий момент устанавливался на колесе от нуля (ведомый режим) до максимального (ведущий режим). Испытания пневматических шин осуществлялись на бетоне, стерне, пару. Комплекс измерительной аппаратуры для проведения испытаний шин включает приборы, которые позволяют фиксировать число оборотов испытываемого и путеизмерительного колес, давления в пятне контакта, деформацию, угол поворота, силу тяги испытываемого колеса, крутящий момент на оси колеса, угол наклона рамы тестера.

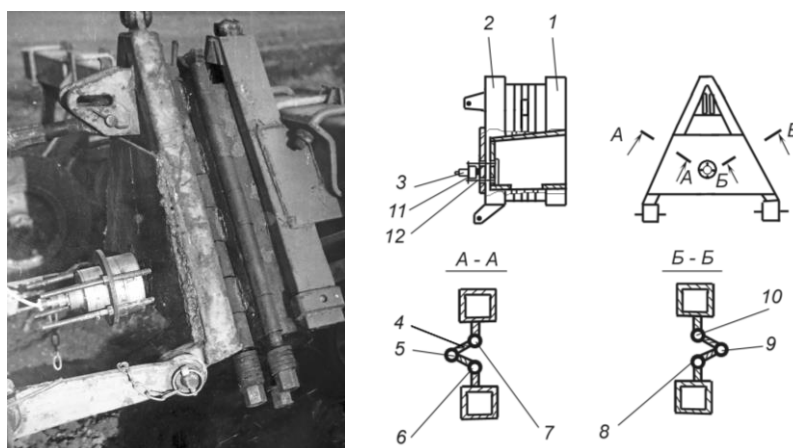


Рис. 2. Динамометрическая автосцепка [10, 11, 12, 13, 14, 15]:

1, 2 – автосцепки; 3 – силоизмерительный датчик; 4 – пластина; 5, 9 – подвижные шарниры; 6, 7, 8, 10 – неподвижные шарниры; 11 – кольцо; 12 – шпильки



Рис. 3. Измерение энергозатрат на обработку почвы по следу колес

Измерительный комплекс для полевых испытаний машинно-тракторного агрегата позволяет осуществить измерение частоты вращения коленчатого вала двигателя, ведущих колес трактора, путеизмерительного колеса, пройденного пути, крутящего момента на валу ведущего колеса, горизонтальной составляющей тягового усилия трактора, продольного и вертикальных ускорений трактора, расхода топлива. Горизонтальная составляющая тягового сопротивления навесной сельскохозяйственной машины определена с помощью динамометрической автосцепки (рис. 2) [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Для определения энергозатрат на обработку почвы по следу ведущих колёс трактора использовался брус культиватора КРН-5,6 с двумя закрепленными на нем секциями и двумя опорными колесами и динамометрическая автосцепка (рис. 3) [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Результаты и их обсуждение

Деформационные характеристики пневматических шин в ведущем режиме качения на бетоне приведены на рис. 4.

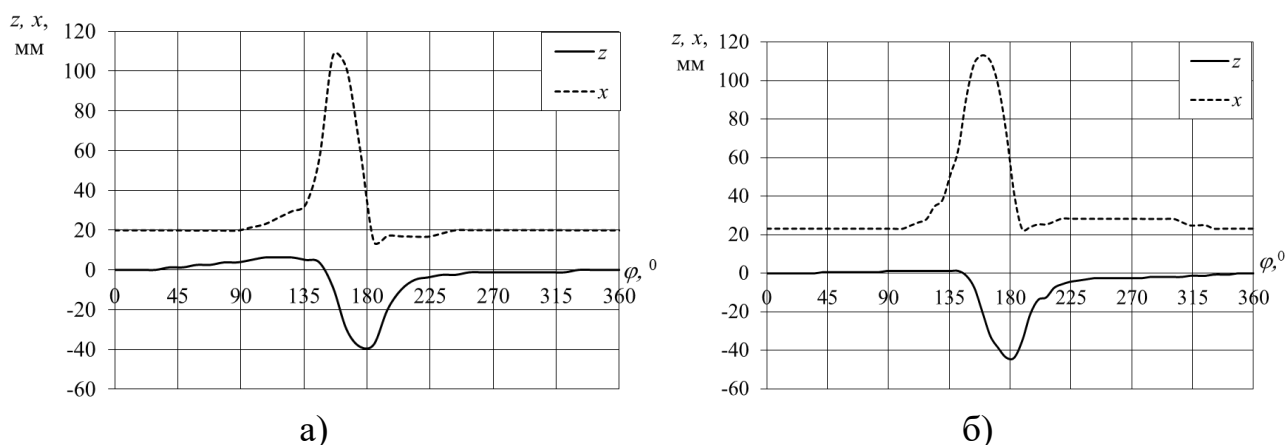


Рис. 4. Деформация шины 16,9R30 (а) и 16,9-30 ДП (б) на бетоне в ведущем режиме качения:

z – радиальная деформация, x – окружная деформация.

Радиальная деформация z оболочки шины 16,9-30ДП по ее экватору в отличие от шины 16,9R30 имеет одно направление - к оси колеса. Окружная

деформация оболочки шины 16,9-30ДП в ведущем режиме качения при достаточно большом крутящем моменте проявляется так, что нити корда работают по всему периметру на растяжение. Шина 16,9R30 испытывает знакопеременную радиальную деформацию по всему периметру с дополнительным «выпучиванием» в ведущем режиме. Шина 16,9-30ДП испытывает радиальную деформацию в зоне величиной $85^\circ \dots 100^\circ$. Направление этой деформации только к оси колеса. Ввиду этого внутренние потери шины 16,9-30ДП меньше, что является преимуществом диагонально-параллельной шины [10, 11, 12].

Тяговая характеристика пневматических шин на пару (рис. 5) показывает, что максимум КПД шины на пару для обоих вариантов приходится на диапазон тягового усилия $3,5 \dots 5,0$ кН. Тяговый КПД шины 16,9-30ДП в этом диапазоне несколько выше благодаря меньшему буксованию этой шины, а также вследствие ее более выигрышных деформационных характеристик [9, 10, 11, 12].

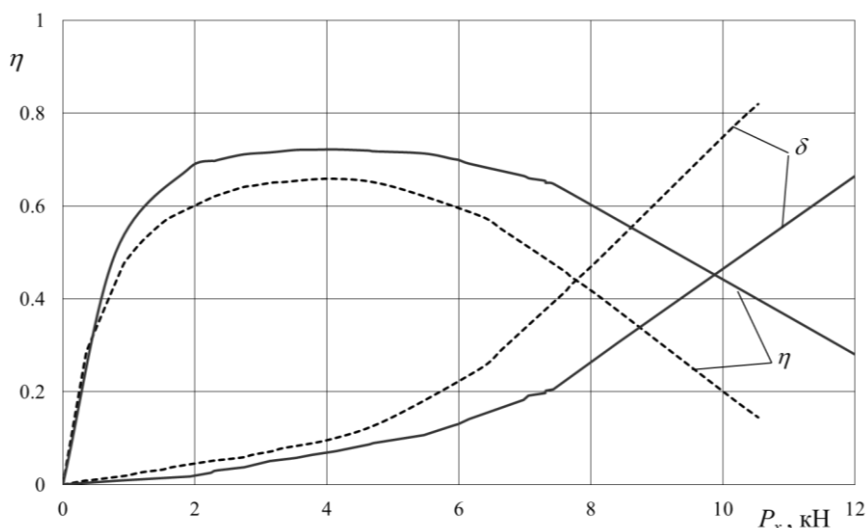


Рис. 5. Тяговая характеристика колеса с шиной 16,9-30 (давление $p=0,09$ МПа, нагрузка на колесо $G_k=14$ кН):

— опытный вариант (16,9-30ДП); серийный вариант (16,9R30).

Результаты экспериментальных исследований уплотняющего воздействия шин на почву по методике ГОСТ 26953-86, ГОСТ 26954-86, ГОСТ 26955-86 показывают, что при работе трактора на опытных шинах наблюдается большая контурная площадь контакта (на 3,14%), меньшее максимальное давление движителя на почву (на 3,05%) и нормальное напряжение в почве на глубине 0,5 м (на 0,85%) [10, 11, 12].

Экспериментально установлено, что в ведущем режиме длина контакта шины с опорным основанием увеличивается (рис.6). Величина изменения длины контакта зависит от крутящего момента на оси колеса, типа конструктивного исполнения, размера пневматической шины, давления в шине, вертикальной нагрузки и типа опорного основания [11, 12].

Результаты замеров энергозатрат на обработку следа трактора, которые оценивались тяговым сопротивлением двух секций культиватора КРН-5,6 по следу колес и вне следа показывают, что применение шин 16,9-30ДП позволяет снизить прирост тягового сопротивления по следу колеса на 19,6%.

Для шины 16,9-30ДП определены следующие оптимальные параметры: слойность каркаса – 6, угол наклона нитей корда к меридиану – 33,4°, внутреннее давление воздуха – 0,0995 МПа [12].

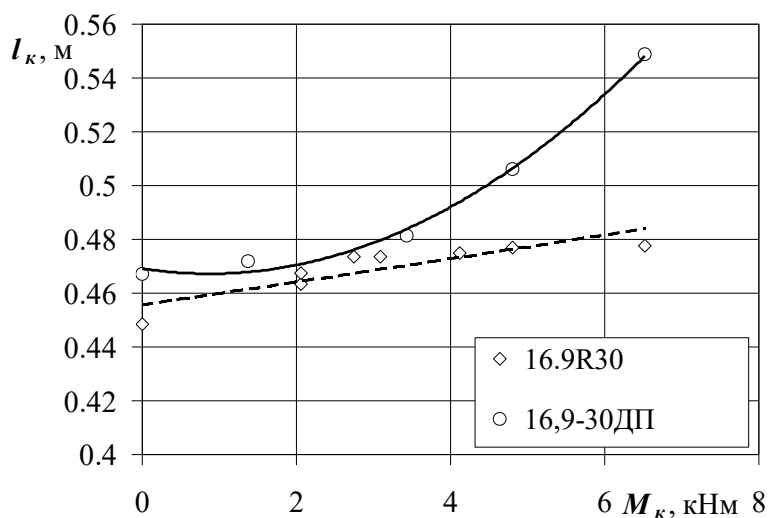
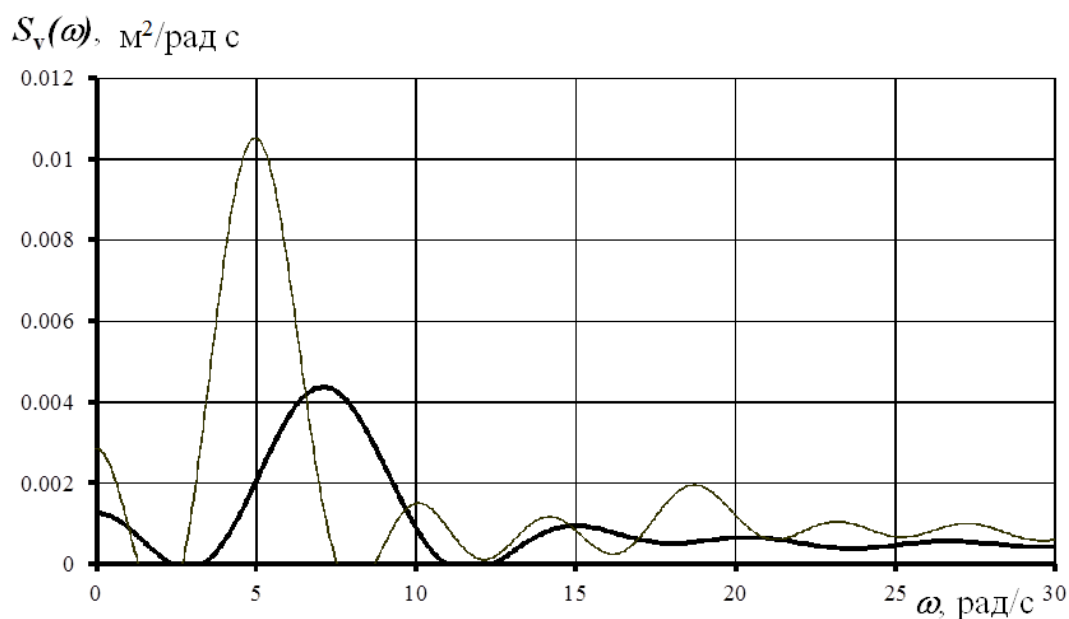
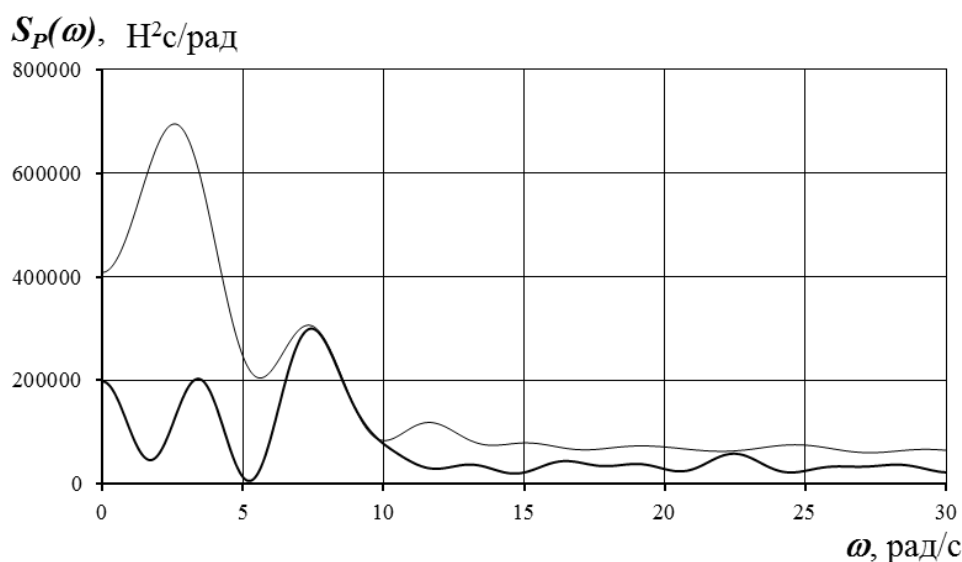


Рис. 6. Зависимость длины контакта колеса на бетоне от крутящего момента: — опытный вариант (16,9-30ДП); серийный вариант (16,9R30).

Результаты полевых испытаний культиваторного агрегата МТЗ-80+КРН-5,6 с шинами ведущих колес трактора размера 16,9-30 модели Ф-39 серийной радиальной и опытной диагонально-параллельной конструкции показывают повышение производительности на опытных шинах по сравнению с радиальными на 8..10% и снижение погектарного расхода топлива на 4..6 %; уменьшение удельного сопротивления по следу опытных шин при культивации на 13%; меньшую, чем с радиальными шинами, интенсивность колебаний скорости движения, силы тяги трактора (рис. 7), ведущего момента на колесах трактора и лучшую плавность хода. В итоге наблюдается и лучшее качество выполняемой технологической операции [9, 10, 11, 12].



a



б

Рис. 7. Спектральные плотности процесса изменения скорости движения агрегата (*a*) и силы тяги трактора (*б*): ———— - 16,9R30; ————— - 16,9-30ДП

Выводы

Разработанная методика экспериментальных исследований позволяет определять необходимые характеристики пневматических шин, выполнять сравнения различных вариантов.

Деформационные характеристики пневматических шин в общем случае их нагружения показывают, что они испытывает продольную, крутильную и радиальную деформации. Наличие у серийной шины 16,9R30 в отличие от опытной 16,9-30ДП радиальной деформации, направленной от оси колеса в зоне перед поверхностью контакта при ведущем режиме качения обуславливает в ней большие гистерезисные потери.

Экспериментальные тяговые характеристики пневматических шин свидетельствуют о большем КПД диагонально-параллельной шины 16,9-30ДП (на 9,2%) и меньшем ее буксовании, что предопределяет меньшее истирание почвы данным типом шин.

Оптимальные параметры шины 16,9-30ДП: слойность каркаса – 6, угол наклона нитей корда к меридиану – 33,4°, внутреннее давление воздуха – 0,0995 МПа

Культиваторный агрегат МТЗ-80+КРН-5,6 показывает повышение производительности на опытных шинах по сравнению с радиальными на 8..10% и снижение погектарного расхода топлива на 4...6 %; уменьшение удельного сопротивления по следу опытных шин при культивации на 13%.

Список литературы

1. Пархоменко, Г.Г. Комбинированные агрегаты для основной обработки почвы в засушливых условиях / Г.Г. Пархоменко, В.Б. Рыков // Достижения науки и техники АПК. 2005. №7. С. 38-39.

2. Патент 2486730 РФ А 01 В 35/00, А 01 В 35/20, А 01 В 39/20. Устройство для безотвальной обработки почвы / А.Н. Медовник, С.А. Твердохлебов, Г.Г. Пархоменко, Е.А. Светлова, И.А. Утка // ФГБОУ ВПО КубГАУ. Заявл. 28.02.2012. Оpubл. 10.07.2013.

3. Пархоменко, Г.Г. Экспериментальное исследование глубокорыхлителя для обработки почвы в междурядьях многолетних насаждений / Г.Г. Пархоменко, А.Н. Медовник, С.А. Твердохлебов // Международный технико-экономический журнал. 2011. № 3. С. 76-78.

4. Пархоменко, Г.Г. Сравнительная оценка энергетических показателей плуга садового чизельного с различными вариантами рабочих органов / Г.Г. Пархоменко, С.А. Твердохлебов // Вестник МичГАУ. №3. 2012. С. 152-156.

5. Пархоменко, Г.Г. Исследование процесса трансформации почвообрабатывающих рабочих органов / Г.Г. Пархоменко // Механізація та електрифікація сільського господарства. 2013. Т. 1. С. 142-150.

6. Божко, И.В. Особенности безотвальной послышной обработки почвы в засушливых условиях / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1(1). С. 25-30.

7. Пархоменко, Г.Г. Теория глубокорыхлителя: Расчёт взаимодействия рабочих органов с почвой в засушливых условиях. / Г.Г. Пархоменко, В.Н. Щириков. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 80 с.

8. Пархоменко, Г.Г. Определение тягового сопротивления почвообрабатывающих машин / Г.Г. Пархоменко, В.Н. Щириков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. №8. С. 23-24.

9. Пархоменко, С.Г. Повышение энергоэффективности мобильных почвообрабатывающих агрегатов / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. №3 (18). С. 40-47.

10. Пархоменко, С.Г. Совершенствование функционирования МТА с колесным трактором класса 1,4 на основе оптимизации параметров пневматических шин / Пархоменко Сергей Геннадьевич // Дисс....канд. техн.

наук: 05.20.01. Зелноград, 1999. 156 с.

11. Пархоменко, С.Г. Экспериментальное исследование характеристик тракторных пневматических шин / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. 2017. №11. С. 40-48.

12. Пархоменко С. Г. Основы методики исследования характеристик тракторных шин // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №3. С. 173-175

13. Пархоменко С. Г. Автосцепка для динамометрирования навесных сельскохозяйственных машин // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №3. С. 165-167.

14. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Динамометрирование навесных сельскохозяйственных машин // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 1. С. 125-129.

15. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Измерение силы тяги на крюке трактора в агрегате с навесной сельскохозяйственной машиной // Тракторы и сельхозмашины. 2016, № 4. С. 15-19.

АВТОМАТИЧЕСКИ РЕГУЛИРУЕМОЕ УПРУГОЕ УСТРОЙСТВО

¹Д.Н. Парышев, ²А.В. Ильтяков, ¹О.Ю. Моисеев, ¹А.А. Мосин, ¹В.В. Харин,
¹И.П. Попов

¹*Российская Академия транспорта*

²*Государственная Дума Российской Федерации*

Аннотация. Представлено регулируемое упругое устройство, содержащее упругий гидравлический элемент и систему управления упругостью с нагнетающим устройством. Целью работы является расширение функциональных возможностей устройства за счет улучшения характеристик регулирования: точности, быстродействия и запаса устойчивости. Устройство может эффективно применяться в подвесках транспортных средств.

Ключевые слова: *упругость, регулирование, гидроцилиндр, точности, быстродействие, запас устойчивости.*

AUTOMATICALLY ADJUSTABLE ELASTIC DEVICE

¹D.N. Paryshev, ²A.V. Iltjakov, ¹O. Yu. Moiseyev, ¹A.A. Mosin, ¹V.V. Kharin,
¹I.P. Popov

¹*Russian Academy of Transport*

²*State Duma of the Russian Federation*

Abstract. Presented is a controlled elastic device containing an elastic hydraulic element and an elasticity control system with a pumping device. The purpose of the work is to expand the functionality of the device by improving the characteristics of regulation: accuracy, speed and stability margin. The device can be effectively used in suspension of vehicles.

Keywords: *elasticity, regulation, hydraulic cylinder, accuracy, speed, reserve of stability.*

Известны управляемые упругие устройства [1–10], в том числе содержащие упругий элемент и систему управления упругостью с

нагнетающим устройством. В таких системах рабочим агентом является газ, что в силу его сжимаемости в больших пределах существенно ограничивает точность упругой характеристики устройства и возможность управляющего воздействия. Это обуславливает низкие характеристики регулирования: точность, быстродействие и запас устойчивости, что приводит к ограничению функциональных возможностей устройства.

Целью работы является расширение функциональных возможностей устройства за счет улучшения характеристик регулирования: точности, быстродействия и запаса устойчивости.

Предлагаемое регулируемое упругое устройство (рис. 1) содержит упругий элемент в виде гидроцилиндра двойного действия 1, на штоке 2 которого установлен датчик усилия 3, на который воздействует внешнее усилие P , датчик перемещения 4, который реагирует на перемещение X штока 2, датчики 3 и 4 связаны со входом контроллера 5, выход которого связан с гидрораспределителем 6, в напорную магистраль 7 которого последовательно включены насос 8 и гидроаккумулятор 9. Сливная магистраль 10 связана с емкостью 11 для рабочей жидкости. Выход гидрораспределителя 6 связан с надпоршневой 12 и подпоршневой 13 полостями гидроцилиндра 1 напорно-сливными магистралями 14 и 15.

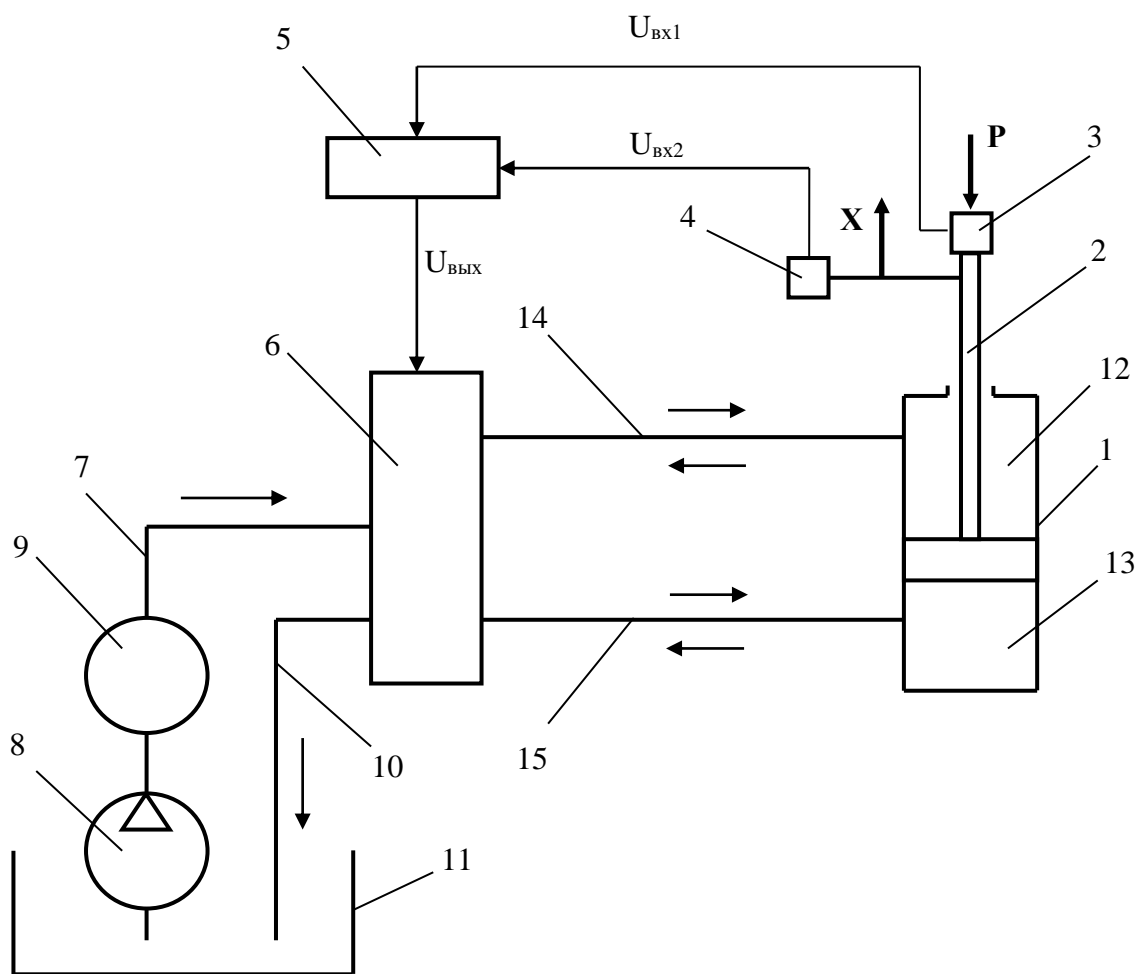


Рис. 1 – Схема регулируемого упругого устройства

На рисунках 2–7 представлена часть функций упругости $P = P(X)$, запрограммированных в контроллере 5. Эти функции могут быть в табулированном виде и/или в виде аналитических выражений.

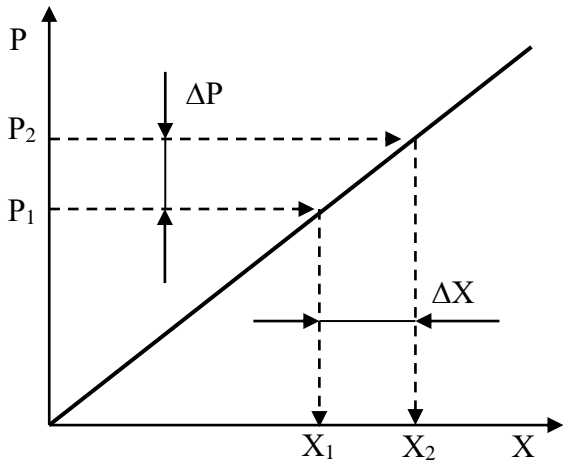


Рис. 2 – линейная функция упругости

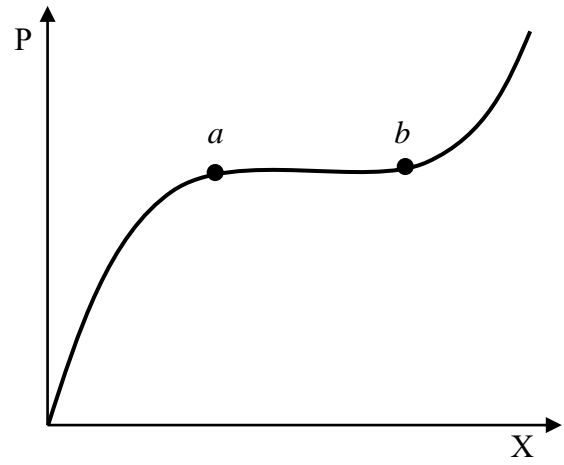


Рис. 3 – функция с квазиулевой упругостью на участке $a-b$

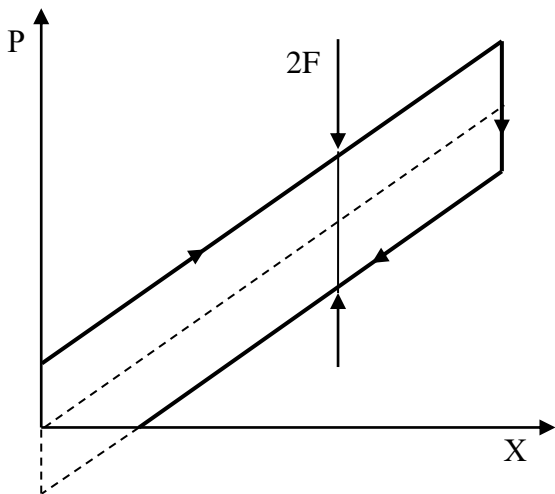


Рис. 4 – характеристика, реализующая функцию сухого трения

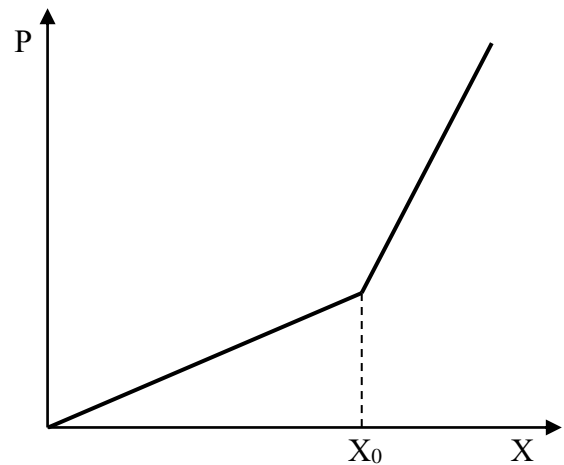


Рис. 5 – ломаная упругая функция в точке X_0

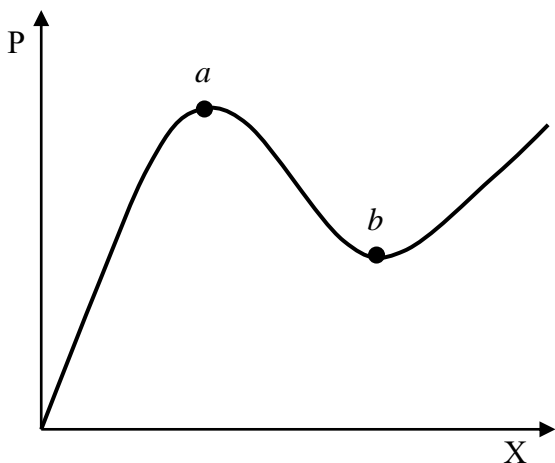


Рис. 6 – упругая функция с отрицательной жесткостью между точками a и b

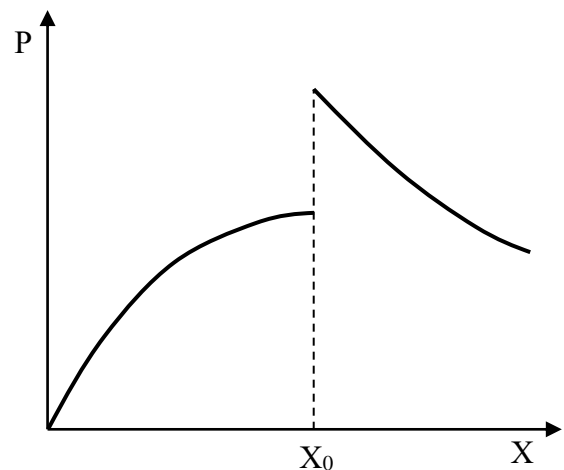


Рис. 7 – упругая функция с разрывом первого рода в точке X_0

На рис. 2 представлена линейная функция упругости. На рис. 3 представлена функция с квазиулевой упругостью на участке $a-b$. На рис. 4 представлена характеристика, реализующая функцию сухого трения

$$F = F \operatorname{sign} \dot{X}, \quad \operatorname{sign} \dot{X} = \begin{cases} 1, & \text{если } \dot{X} > 0 \\ 0, & \text{если } \dot{X} = 0 \\ -1, & \text{если } \dot{X} < 0 \end{cases} . \quad (1)$$

На рис. 5 представлена ломаная упругая функция в точке X_0 . На рис. 6 – упругая функция с отрицательной жесткостью между точками a и b . На рис. 7 представлена упругая функция с разрывом первого рода в точке X_0 . Здесь при $X < X_0$ – положительная жесткость, при $X > X_0$ – отрицательная жесткость.

Регулируемое упругое устройство работает следующим образом.

При действии внешнего усилия P на шток 2 гидроцилиндра 1 датчик 3 преобразует усилие в сигнал $U_{\text{вх1}}$, передаваемый на вход контроллера 5. Под действием силы P шток 2 перемещается. Перемещение X преобразуется датчиком 4 в сигнал $U_{\text{вх2}}$, который поступает на другой вход контроллера 5.

В зависимости от технических и функциональных особенностей устройства контроллер 5 реализует одну из многих заложенных в него функций упругости, часть из которых представлена на рис. 2–7. При этом каждому усилию P на штоке 2 соответствует перемещение X , например усилию P_1 соответствует перемещение X_1 , усилию P_2 соответствует перемещение X_2 (рис. 2).

Если пара сигналов от P и X , поступивших с датчиков 3 и 4, не соответствует выбранной функции контроллера 5, он формирует управляющей сигнал $U_{\text{вых}}$ на гидрораспределитель 6, который управляет потоками рабочей жидкости в магистралях 14 и 15 таким образом, чтобы устранить рассогласование между заданной и фактической функциями упругости. Например, если при некотором усилии P перемещение X оказалось больше заданного программой, контроллер 5 формирует управляющий сигнал на подачу рабочей жидкости по магистрали 15 в подпоршневую полость 13 гидроцилиндра 1. При этом жидкость из надпоршневой полости 12 поступает в магистраль 14, через гидрораспределитель 6 по сливной магистрали 10 в емкость 11. Шток 2 поднимается вверх. Процесс регулирования происходит до тех пор, пока не достигается согласованность между заданной и фактической функциями упругости.

Знак функции (1) определяется контроллером 5 по производной \dot{X} сигнала перемещения X от датчика 4.

Таким образом, у предлагаемого регулируемого упругого устройства расширены функциональные возможности.

Устройство может эффективно применяться в подвесках транспортных средств.

Список литературы

1. Popov I.P. Dependence of the piezoelectric transducer reactance on the mechanical parameters of its load // Scientific and technical journal of information technologies, mechanics and optics. 2013. № 5 (87). P. 94–98.
2. Попов И. Связь между электрическими и «неэлектрическими» величинами. Saarbrucken, Deutschland. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. ISBN: 978-3-659-42479-3. 80 с.
3. Попов И.П. Искусственные масса и упругость // Вестник Тверского государственного технического университета. 2016. № 1(29). С. 7–11.
4. Попов И.П., Попов Д.П. Реактивное сопротивление пьезоэлектрического преобразователя с инертной нагрузкой // Интеграция науки и бизнеса в агропромышленном комплексе. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Курганской ГСХА. Курган. КГСХА. 2014. Т. 3. С. 62-66.
5. Попов И.П. Спонтанные упруго-емкостные колебания в системах автоматики // Вестник Морского государственного университета им. адмирала Г. И. Невельского. Серия: Автоматическое управление, математическое моделирование и информационные технологии. 2017. Вып. 78. С. 93–96.
6. Попов И.П. Искусственная упругость // Зауральский научный вестник. 2013. № 2(4). С. 63, 64.
7. Попов И.П. Электромеханические или искусственные масса и упругость // Вестник Псковского государственного университета. Технические науки. 2016. Вып. 4. С. 89–94.
8. Попов И.П., Сарапулов Ф.Н., Сарапулов С.Ф. Упруго-емкостные колебания в электромеханических системах // Актуальные проблемы энергосберегающих электротехнологий АПЭЭТ-2014. Сборник научных трудов. Екатеринбург. ФГАОУ ВПО УРФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. 2014. С. 217, 218.
9. Попов И.П., Чарыков В.И., Соколов С.А., Попов Д.П. Влияние инертной нагрузки на реактивное сопротивление пьезоэлектрического преобразователя // Инновации и исследования в транспортном комплексе: Материалы II международной научно-практической конференции. Курган: КИЖТ. 2014. С. 199–201.
10. Попов И.П., Чарыков В.И., Чумаков В.Г., Родионов С.С., Попов Д.П. Искусственная или емкостная масса и искусственная или индуктивная упругость // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 4(19). С. 368–374.

РЕСУРС ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

М.В. Песенко

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. В данной статье проводится сравнение ресурса современных автомобилей и электромобилей на сегодняшний день. Рассматриваются проблемы, с которыми столкнутся автовладельцы после массового распространения электромобилей.

Ключевые слова: ресурс, электромобили, проблемы, распространение.

ELECTRIC CARS RESOURCE

M.V. Pesenko

Bryansk State University of Engineering and Technology

Abstract. This article compares the resource of modern cars and electric vehicles today. We consider the problems faced by car owners after the mass distribution of electric vehicles.

Keywords: *resource, electric cars, problems, distribution.*

Привычные всем автомобили, работающие на ископаемом топливе, в настоящее время имеют запрограммированное устаревание. Это позволяет производителям развиваться и получать прибыль за счет продажи запасных частей. Автомобиль изнашивается, становится непригодным к эксплуатации, появляется необходимость покупать новый. Чем старше автомобиль, тем более невыгодным становится его содержание (причем, искусственно).

Многие ошибочно судят об опасности аккумуляторной батареи в электромобиле. На самом деле, батарея представляет собой отдельный модуль и проста в замене, которая занимает от нескольких минут до пары часов, это зависит от модели электромобиля. К сожалению, её цена (на сегодняшний день) может быть ощутимо дорогой, но стоимость киловатт-часа емкости литий-полимерного накопителя падает день за днем, в связи с техническим прогрессом. Поэтому аккумуляторная батарея – это отдельный, заменяемый компонент, цена которого постоянно снижается. Глобальной проблемы с АКБ на сегодняшний день нет, но массовое распространение электромобилей ухудшит эту ситуацию.

Электрооборудование является самой сложной частью электрических автомобилей, поэтому по своему внутреннему составляющему их можно сравнить с тремя-пятью ноутбуками, соединенными вместе. Эти электронные гаджеты также очень сложно устроены. В них множество миниатюрных компонентов, но даже при этом они надежны и имеют долгий срок службы. Пользоваться такими устройствами мы перестаем не потому, что они испортились, а потому, что появились новые модели, с более мощным процессором или улучшенным дисплеем. Но, зная, что ноутбук и электромобиль совершенно в разных ценовых категориях, можно рассчитывать на то, что электрические автомобили смогут находиться в эксплуатации дольше персональных электронных устройств.

В электромобилях нет привычного нам ДВС и трансмиссии. В них гораздо меньше пар трения, что очень благоприятно влияет на механический ресурс. На предприятиях электродвигатели работают многие годы. Ходовая часть – такая же, как у обычных автомобилей и её можно отремонтировать. Но если не продавать новые автомобили – пропадает смысл бизнеса как такового.

Потенциальных и существующих владельцев электромобилей стараются стимулировать. Покупая электромобиль можно рассчитывать на льготы, гранты или субсидии при покупке, отсутствие ограничений на въезд в центральные части некоторых городов, сниженные или вообще нулевые налоги. Но, приобретя статус массовости все эти поощрения отменятся, вместо норм

экологичности «Евро», скорее всего, появится необходимость утилизации или переработки химических компонентов АКБ.

Государствам сегодня интересно инвестировать в экологически чистый транспорт, но до тех пор, пока он не станет массовым. После этого населению, скорее всего, придется отдавать взятые гранты, в виде налогов на киловатты мощности двигателя или емкость батареи, или просто за автомобиль, как товарную единицу, ведь сейчас так это происходит с традиционными авто с ДВС. И непременно будет решено, что более старый автомобиль должен обходиться своему владельцу дороже нового ради стимулирования производства, поэтому все повторится как с традиционным автомобилем. На определенном этапе содержание вполне исправного электрокара может оказаться экономически невыгодным.

Производство электромобилей можно будет сравнивать с выпуском нового смартфона. Новые электромобили будут заряжаться быстрее, ехать на одной зарядке дальше, иметь более развитые электронные компоненты и программное обеспечение. То есть, характеристики будут улучшаться, что и станет стимулировать рынок. Если, например, современный бюджетный электромобиль способен преодолеть 100-150 км на полной батарее, то, через 10 лет этот показатель станет чрезвычайно мал. Электричество на специальных зарядных станциях может стать платным. Новые электрокары смогут заряжаться за считанные минуты, а старому авто на это потребуется несколько часов. Нельзя исключать появление новых стандартов «быстрой зарядки», несовместимых с бытовой электросетью, что привяжет владельцев электромашин к специальным зарядным станциям — так же, как владельцы авто с ДВС вынуждены заправляться на АЗС.

Возможно, появятся требования к системам безопасности и допуск на эксплуатацию можно будет получить только при условии установленной последней версии ПО. На безопасности это скажется позитивно.

У людей появится больше требований к электромобилю: не будет устраивать емкость АКБ, скорость зарядки, расход электроэнергии, мощность. Все эти факторы будут вынуждать владельцев менять свои текущие электромобили на новые, в связи с моральным устареванием. Автомобили будущего будут стареть гораздо быстрее своих бензиновых предшественников. Двигатель внутреннего сгорания за сотню лет стал лучше, но, по сути, остался в том виде, в каком его изобрели. А вот современная электроника обновляется настолько стремительно, что многие люди, недавно купившие какую-либо модель авто, вскоре узнают о том, что выходит новая. Электромобиль будет рассматриваться не как средство передвижения, а как гаджет. Ну и не следует забывать о налоговых, страховых компаниях, инициаторах стандартов безопасности и других участниках, влияющих на автомобильный сектор. В любом случае – платить за все это придется автомобилистам, но ради их же блага – безопасности, комфорта и поддержки технического прогресса.

Список литературы

1. Неудобная правда об электромобилях. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/58259c8a9a7947474311edd9?ruid=NaN>. (Дата обращения 19.10.2018)
2. Ресурс электромобилей. [Электронный ресурс] URL: <https://www.drive2.ru/b/466512614256541705/> (Дата обращения 20.10.2018)

СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ВЕДУЩЕГО ВАЛА КОРОБОК ПЕРЕМЕНЫ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРОВ СЕРИИ К-7

И.М. Макаркин, А.А. Данков, Н.А. Петрищев, А.О. Капусткин, А.С. Саяпин
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация. В статье рассмотрен вариант нового разработанного стенда используемого при приемо-сдаточных испытаниях ведущего вала коробки перемены передач для контроля качества и стабильности технологического процесса, повышения эксплуатационной надежности тракторов семейства К-7 сельскохозяйственного, промышленного назначения.

Ключевые слова: *ведущий вал, коробка перемены передач, трактор серии К-7, контроль качества, сервисное обслуживание.*

THE STAND FOR QUALITY CONTROL OF PRODUCTION AND REPAIR OF THE DRIVING SHAFT OF BOXES OF CHANGE OF TRANSFERS OF TRACTORS OF THE K-7 SERIES

I.M. Makarkin, A.A. Dankov, N.A. Petrishchev, A.O. Kapustkin, A.S. Sayapin
FGBNU FNAC VIM

Summary. In article the option of the new developed stand of the driving shaft of a box of change of transfers used at acceptance tests for quality control and stability of technology process, increase in operational reliability of tractors of the K-7 family of agricultural, industrial function is considered.

Keywords: *driving shaft, box of change of transfers, tractor of the K-7 series, quality control, service.*

Для развития положительной динамики процессов по обновлению МТП в АПК РФ и придания дополнительного конкурентного преимущества использования отечественной техники существует острая необходимость в модернизации уже имеющейся ремонтно-обслуживающей базы. Известно, что только наличие современной ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) обеспечивает высокое качество и полноту выполнения операций по техническому обслуживанию, диагностированию и ремонту машин. Однако из-за недостаточного уровня оснащенности фирменных сервисных центров ремонтно-технологическим оборудованием, в частности для проверки агрегатов трансмиссии, значительно страдает качество их ремонта, что негативно сказывается на эксплуатационной надежности техники в целом [1,2,3]. Поэтому в настоящее время, наряду с задачей технического обновления, совершенствования энергонасыщенного МТП, стоит задача повышения

эффективности его использования, наиболее полного использования заложенных технико-экономических показателей. В коробке перемены передач тракторов «Кировец» из наиболее лимитирующим ресурс узлов является ведущий вал. В первую очередь это связано с утратой должного контроля технического состояния и испытания перед установкой его в отремонтированную КПП. Так как из-за обилия на рынке контрафактных запасных частей и расходных материалов входной контроль качества ремонта является обязательным условием для обеспечения послеремонтного ресурса тракторов семейства К-7.

Для обеспечения стабильности качества ремонта шасси трактора К-701 использовался согласованное с заводом-изготовителем ТК 70.0001.071[4] и комплекс контрольно-диагностического, испытательного оборудования. Так 80-е годы Целинный филиал ГОСНИТИ для централизованного оснащения ремонтных предприятий был разработан стенд КИ-13805 (рис.1) для контроля сборки и ремонта ведущего вала КПП тракторов К-700А, К-701. С его помощью осуществлялся контроль следующих параметров: давление рабочей жидкости во фрикционе передачи ($0,9 \pm 0,05$ МПа) при подаче подаваемой в бустер ($9,0 \pm 0,5$ л/мин) при скорости вращения привода вала 500-600 об/мин, давление в системе смазки 0,10-0,15 МПа; а на неподвижном валу полнота возвращения нажимных дисков, а также усилие на вращение шестерен; проверка фрикциона «на срыв» с крутящим моментом 250 ± 30 кгс·м. В настоящее время КИ-13805 уже не выпускается более 25 лет, морально и физически устарел, используется в единичных случаях, так как многие специализированные ремонтные предприятия перепрофилированы или закрыты.

В связи с тем, что на выпускаемых в настоящее время КПП тракторов семейства К-7 и их мод. сельскохозяйственного и промышленного назначения от выпускаемых ранее имеются конструктивные отличия, увеличено рабочее давление в системе управления и производительность насоса, требуется разработка современного стенда для контроля в условиях сервисных служб официальных дилеров качество сборки и ремонта ведущего вала КПП.

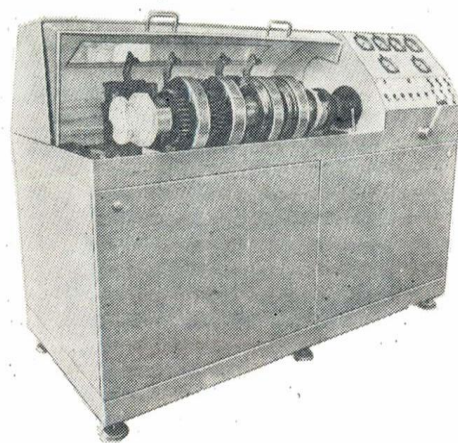


Рис.1.Общий вид стенда КИ-13805

Это в свою очередь позволит: минимизировать издержки при изготовлении и повысить рентабельность при сервисном обслуживании техники; обеспечить средствами инструментального контроля специализированные сервисные предприятия - обеспечивающие главным образом соблюдения требований гарантийного обслуживания по единым стандартам завода-производителя; заводу-производителю (конструкторам, технологам, гарантийно-сервисной и логистической службе) получать данные, основанные на объективной информации, позволяющей оперативно проводить изменения направленные на совершенствование выпускаемой продукции.

В настоящее время разработан, изготовлен, опытно внедрен на АО «Петербургский тракторный завод» две модификации стенда для испытания ведущего вала КИ-28326 (рисунок 2, таблица 1).

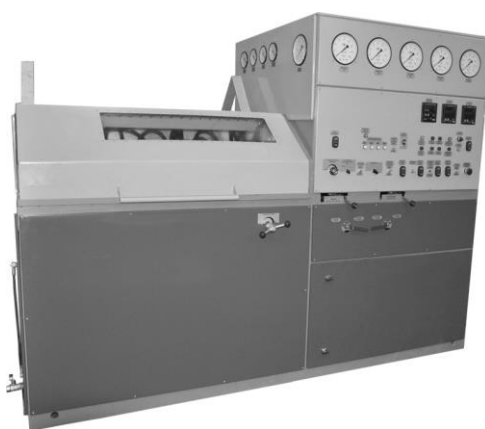


Рис.2 – Общий вид КИ-28326

Таблица 1

Основные технические характеристики КИ-28326

№ п/п	Наименование	Значение
1	тип	стационарный
2	зажим ведущего вала	гидравлический
3	поворот ведущего вала	гидравлический
4	управление подачей масла в фрикционы и на смазку	гидрораспределительное
5	управление цилиндрами для зажима и поворота ведущего вала	гидрораспределительное
6	гидростанция для подачи масла в фрикционы ведущего вала - мощность, кВт - производительность насоса, не менее л/мин.	3 32
7	давление масла в магистралях, МПа (кгс/см ²): - фрикционов - на смазку	0-1,5 (0-15) 0-0,3 (0-3)
8	гидростанция для зажима ведущего вала: - мощность, кВт - производительность насоса, не менее л/мин.	3 14

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование	Значение
9	гидростанция для поворота ведущего вала - мощность, кВт - производительность насоса, не менее л/мин.	3 14
10	гидростанция для подачи масла на смазку ведущего вала - мощность, кВт - производительность насоса, не менее л/мин.	0,55 14
11	рабочая жидкость	масло минеральное
12	привод вращения ведущего вала: - мощность, кВт - номинальная частота вращения, об/мин	5,5 1440
13	частота вращения ведущего вала, об/мин	550±50
14	крутящий момент, создаваемый цилиндром поворота ведущего вала при давлении масла 5 МПа (50 кгс/см ²), Нм (кгс·м)	2000-2500 (200-250)
15	питание стенда	3-фазное, 380В

При опытном внедрении были испытаны изготовленные ведущие валы КПП К-7, результаты представлены в таблице 2. При этом контрольные параметры системы смазки ведущего вала в среднем составляли: подача - $16 \pm 0,5$ л/мин, давление $1,3 \pm 0,05$ кгс/см², температура рабочей жидкости составляла $+50 \pm 2^\circ\text{C}$. Для получения стабильных результатов проводилась предварительная термостабилизация (нагрев ведущего вала) путем пролива нагретой рабочей жидкости в течение 10 мин.

Таблица 2

Опытные данные испытаний ведущих валов

№ ведущего вала	1 передача		2 передача		3 передача		4 передача	
	Р, кгс/см ²	Q, л/мин	Р, кгс/см ²	Q, л/мин	Р, кгс/см ²	Q, л/мин	Р, кгс/см ²	Q, л/мин
1	11,1	14,9	11,5	13,4	11,4	13,8	11,5	13,5
2	11,5	10,3	11,7	12,2	11,4	12,5	11,3	12,7
3	10,6	14,8	11,2	14,5	10,2	14,8	11,3	13,2
4	10,8	12,9	11,6	11,4	11,6	13,9	11,1	12,5
5	10,2	13,8	11,2	13,3	11,0	11,9	11,0	13,7
6	11,5	14,4	11,1	14,8	11,3	13,8	11,3	13,3
7	10,7	13,6	11,3	12,5	11,3	12,2	10,5	14,3
8	11,2	12,5	11,4	13,3	11,4	12,9	11,1	13,7
9	11,0	14,2	11,6	14,6	11,4	13,8	11,6	13,9
10	11,1	12,4	11,2	13,6	11,7	10,5	11,4	12,6
11	11,6	13,3	11,5	13,1	11,6	13,3	11,5	13,1
Среднее значение	11,0	13,4	11,4	13,3	11,3	13,0	11,2	13,3

При испытаниях также наблюдался следующие неисправности, характеризовавшиеся при наличии номинального (среднего) давления:

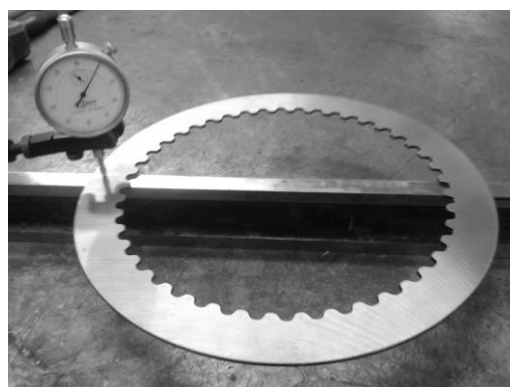
- низким расходом рабочей жидкости через фрикцион менее 5 л/мин – недостаточное проходное сечение жиклера из-за случайно попавших технологических загрязнений;
- повышенным расходом более 18 л/мин – не герметичности уплотнителей сопряжений.

Выше описанные неисправности были устранены и вторично проконтролированы, полученные значения находились на уровне средних (рекомендованных в качестве номинальных значений при приемке) по четырем фрикционам.

Проверка фрикционов «на срыв» показала, что собранные в заводских условиях ведущие валы выдерживают статическую нагрузку в 2500 Нм, уже при установлении давления выше 6 кгс/см², что соответствует почти двукратному запасу по рабочему давлению. Однако следует заметить, что при проверке ведущие и ведомые фрикционные диски были новыми, неплоскостность рабочих поверхностей отсутствовала. На практике из-за не всегда стабильного качества комплектующих, требуется дополнительный инструментальный контроль геометрических параметров фрикционных дисков на неплоскостность с применением угломеров или индикаторов часового типа (рисунок 3).



а)

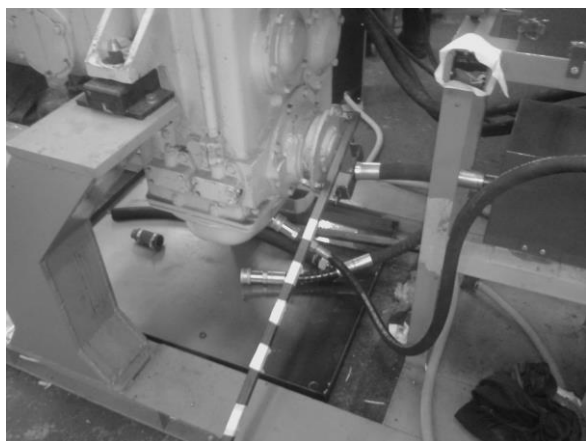


б)

Рисунок 3 – Процесс входного контроля ведущих фрикционных дисков с применением: а – угломера «Зубр», б – индикатора ИЧ-10

В процессе исследований выявлено, на «сухой» собранной КПП при включении рычага режимов из нейтрали в любой режим при вращении ведущего вала передается крутящий момент на раздаточный вал. Данный вопрос не отражен в технической документации на обкатку. Какое тормозное усилие необходимо приложить для его остановки? Входной контроль величины механических потерь при повороте ведущего вала проводился с применением динамометрическим ключа МТ-500 (рисунок 4). Условия проверки: отсоединенный ведущий вал от стенда КИ-28340[5] и заблокирован рычагом раздаточный вал, принятая за норму - величина усилия при повороте

динамометрического ключа составила (новых КПП) до 45 Нм, при включенном рычаге кулисы в режимную нейтраль, температура поверхности КПП +20°C.



а)



б)

Рисунок 4 – Процесс контроля уровня механических потерь:
а – блокировка рычагом раздаточного вала; б – оценка с применением динамометрического ключа

Представленные результаты исследований направлены на создание современной, комплексной системы контроля качества изготовления и ремонта энергонасыщенных тракторов семейства К-7, как в условиях производства сервисного обслуживания в фирменных дилерских центрах РФ, а при дальнейшей реализации постановления Правительства РФ № 1388 и экспортоориентированности продукции отечественного сельхозмашиностроения - на внешних рынках.

Список литературы

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года [Электронный ресурс] URL :http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/strategy_tll_2030.pdf (Дата обращения 01.10.2017).

2. Задачи и возможности для сохранения устойчивости роста в АПК [Электронный ресурс] URL <http://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/005/serebryakov-s.a..pdf> (Дата обращения 01.10.2017).

3. Мониторинг технического уровня и надежности основных видов сельскохозяйственной техники [Текст]/ В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, Н.В. Краснощеков, В.Ф. Федоренко, Э.В. Жалнин, Д.С. Буклагин, В.К. Фрибус, В.Я. Гольтяпин, В.К. Кузьмин, А.Ю. Измайлов, М.Ш. Жилкибаев, М.Н. Хлепотько; Минсельхоз России, ФГНУ «Росинформагротех».- М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009.-108с.

4. ТК 70.0001.071-85. К-700А, К-701 Технические требования на капитальный ремонт шасси тракторов [Текст]. - М.: ГОСНИТИ, 1986. -204 с.

5. Филиппова, Е.М. Опытные образцы оборудования для обслуживания и входного контроля агрегатов КПП тракторов/ Е.М. Филиппова, А.А. Данков,

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ
ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОЁМКОСТИ
СЕПАРАЦИИ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПАЛЬЦЕВОЙ РЕШЁТКЕ
СТРЯСНОЙ ДОСКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

Е.Е. Петров, В.П. Жаров, А.П. Длинный, Б.Г. Шаповал
Донской государственный технический университет

Аннотация. Повышение эффективности сепарации в воздушно-решётной очистке зерноуборочного комбайна возможно за счёт его лучшей организации на пальцевой решётке стрясной доски. Недостатками применяемых, в настоящее время, пальцевых решёток являются низкое качество сепарации, вследствие его низкой организации, а также сложность конструкции. Это обуславливает необходимость проведения исследований и создания пальцевой решётки, обеспечивающей повышение эффективности сепарации. Применение математической теории планирования эксперимента, предусматривает нормальный закон распределения параметров, характеризующих качество функционирования пальцевой решётки. Одним из наиболее существенных параметров, характеризующих качество функционирования пальцевой решётки, является удельная энергоёмкость сепарации зерна. В статье обоснована актуальность определения закона распределения плотности вероятностей значений удельной энергоёмкости сепарации зерна, при её использовании в качестве критерия, характеризующего качество функционирования экспериментальной пальцевой решётки стрясной доски зерноуборочного комбайна. Приведены характеристики условий экспериментального исследования. Обоснованы и описаны состав и свойства приведенного вороха. Приведены значения конструктивных параметров и режимов работы экспериментальной пальцевой решётки. Приведены основные результаты исследований и выполнен их анализ. Сделано заключение о нормальном законе распределения плотности вероятностей значений удельной энергоёмкости сепарации зерна на экспериментальной пальцевой решётке стрясной доски зерноуборочного комбайна, что позволяет, в дальнейших исследованиях, использовать математическую теорию планирования экспериментов, при использовании этого параметра, для характеристики сепарации и других технологических процессов в зерноуборочном комбайне.

Ключевые слова: сепарация, качество функционирования, пальцевая решётка, теория планирования эксперимента, закон распределения.

**DETERMINATION OF THE LAW OF DISTRIBUTION OF DENSITY OF
PROBABILITY VARIETY VALUES OF THE SPECIFIC POWER
CONSUMPTION OF THE SEPARATION ON EXPERIMENTAL FINGER
GRANTS OF THE TRANSPORT BOARD OF COMBINE HARVESTER**

E.E. Petrov, V.P. Zharov, A.P. Dlinnyi, B.G. Shapoval
Don State Technical University

Abstract. Increasing the efficiency of the separation in the air-grate cleaning of a combine harvester is possible due to its better organization on the finger grate of the transport board. The drawbacks of the currently used finger grids are the poor quality of the separation due to its low organization, as well as the complexity of the design. This makes it necessary to conduct research and create a finger grating that ensures an increase in the efficiency of the separation. Application of the mathematical theory of experiment planning, provides for a normal law of distribution of

parameters characterizing the quality of the finger grating function. One of the most significant parameters characterizing the quality of the finger grate function is the specific energy consumption of the grain separation. The article proves the urgency of determining the law of distribution of the probability density of the values of the specific energy intensity of the grain separation, when used as a criterion characterizing the quality of the experimental finger grating of the transport board of a combine harvester. The characteristics of experimental research conditions are given. The composition and properties of the reduced heap are justified and described. The values of design parameters and operation modes of the experimental finger grating are given. The main research results are presented and their analysis is performed. A conclusion is made about the normal law of distribution of the probability density of the values of the specific power consumption of the grain separation on the experimental finger grate of the transport board of the combine harvester, which allows, in future studies, to use the mathematical theory of experiment planning, using this parameter, to characterize the separation and other technological processes in combine harvester.

Keywords: *separation, quality of functioning, finger grating, theory of experimental planning, distribution law.*

Введение. Процесс сепарации на пальцевой решётке стрясной доски – сложное явление, зависящее от множества одновременно действующих факторов. Повысить эффективность исследования можно, используя математическую теорию планирования эксперимента, получившую широкое распространение в ряде областей науки, благодаря работам [1-6]. Применение математической теории планирования эксперимента, предусматривает нормальный закон распределения параметров, характеризующих качество функционирования пальцевой решётки. Одним из наиболее существенных параметров, характеризующих качество функционирования пальцевой решётки, является удельная энергоёмкость сепарации зерна. Однако, данные о законе распределения этого параметра в работах, посвящённых исследованию функционирования пальцевых решёток [7-9] отсутствуют. Определение закона распределения плотности вероятностей удельной энергоёмкости сепарации зерна позволит, в дальнейших исследованиях, использовать математическую теорию планирования экспериментов, для характеристики сепарации и других технологических процессов в зерноуборочном комбайне. Поэтому, определение закона распределения плотности вероятностей удельной энергоёмкости сепарации зерна, является актуальной задачей, решению которой и посвящена данная работа.

Материал и методика исследования. Решение этой задачи производилось постановкой эксперимента на стенде, представленном на рис. 1, с использованием экспериментальной пальцевой решётки [10].

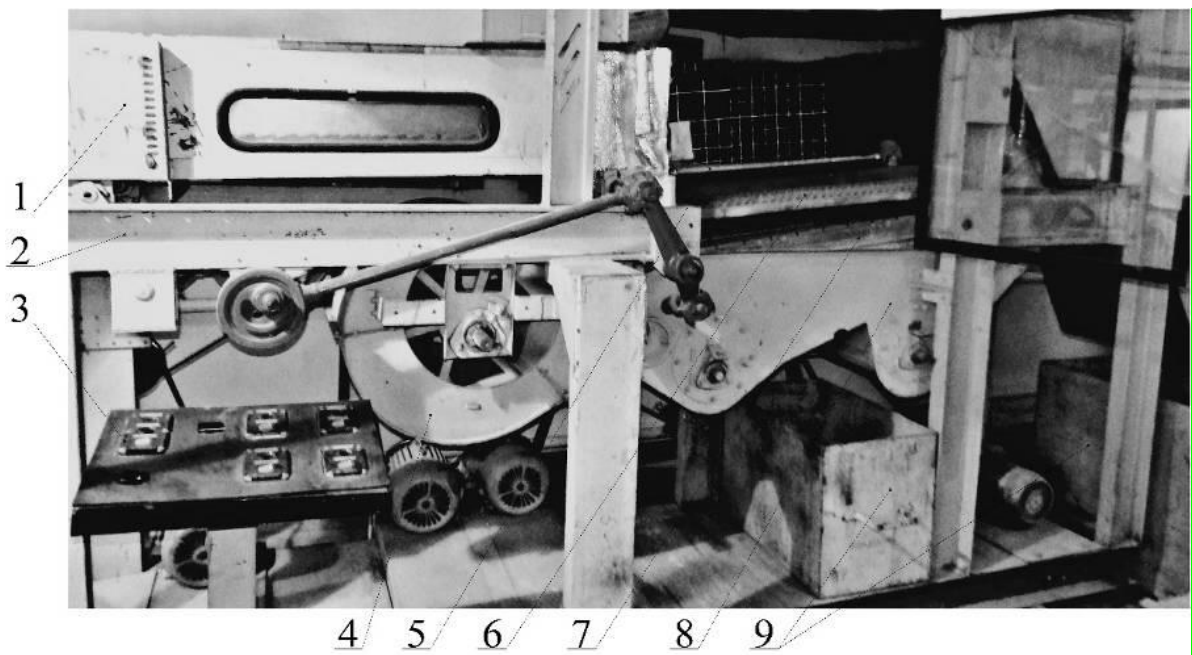


Рис. 1. Стенд, для исследования сепарации вороха на пальцевой решётке стрясной доски зерноуборочного комбайна: 1 — стрясная доска; 2 — рама; 3 — пульт управления стендом; 4 — вентилятор; 5 — экспериментальная пальцевая решётка; 6 — верхнее решето блока решётных сепараторов; 7 — нижнее решето блока решётных сепараторов; 8 — блок шнеков; 9 — бункеры

Условия экспериментального исследования характеризуются составом и свойствами приведенного вороха, конструктивными параметрами и режимами работы экспериментальной пальцевой решётки.

Состав и свойства приведенного вороха были выбраны на основании анализа, выполненного в работе [11], и имели следующие значения. Содержание свободного целого зерна в приведенном ворохе, в процентах по массе, принято 77,5 (2,0 % из которых — дроблёное); мелкой соломы — 18, а обмолоченных и необмолоченных колосьев, половы и сора — 4,5. Размеры свободных целых зёрен, из состава приведенного вороха, по толщине составляли 1,5–3,8 мм; по ширине — 1,6–4,0 мм; по длине — 4,2–8,6 мм. Диаметр мелких соломин составлял 3 мм. Соломины длиной 0–40 мм составляли 27 % от всей массы мелкой соломы, 40–60 мм — 13 %, 60–80 мм — 11 %, 80–100 мм — 9 %, 100–120 мм — 8 %, 120–160 мм — 9 %, 160–200 мм — 10 %, свыше 200 мм — 13 %. Масса 1000 зёрен, отсчитанных без выбора из средней выборки составляла 38,5 г. Влажность приведенного вороха составляла 14%.

Значения конструктивных параметров экспериментальной пальцевой решётки, характеризующие условия эксперимента, были следующие. Длина $L=500$ мм. Шаг установки рабочих элементов $S=20$ мм. Ширина щели $b=8$ мм. Угол установки скатов к горизонтальной плоскости решётки $\alpha=45^\circ$. Угол установки пальцевой решётки, относительно стрясной доски $\beta=0^\circ$.

Значения режимов работы экспериментальной пальцевой решётки были следующие. Частота колебаний пальцевой решётки $n=4,2$ с⁻¹. Амплитуда

колебаний пальцевой решётки $A=35$ мм. Скорость воздушного потока, создаваемого вентилятором $V=11$ м/с.

Результаты исследования. В результате проведенных экспериментов была получена выборка значений удельной энергоёмкости сепарации зерна $\omega_{0пр1}, \omega_{0пр2}, \dots, \omega_{0прN}$, состоящая из 30 наблюдений. Полученные в результате эксперимента данные, после первичной обработки, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические характеристики удельной энергоёмкости сепарации зерна

№	Интервал		Середина	Эмпирическая частота, mi	Теоретическая частота, mi'
	Граница				
	Нижняя	Верхняя			
1	24	24,262	24,1312	1	1,22
2	24,262	24,524	24,3936	4	3,33
3	24,524	24,787	24,6561	5	6,11
4	24,787	25,049	24,9186	8	7,53
5	25,049	25,312	25,1810	6	6,25
6	25,312	25,574	25,4435	4	3,49
7	25,574	25,837	25,7059	2	1,31
Сумма				30	29,247

На основании анализа априорной информации, была принята гипотеза о нормальном законе распределения плотности вероятности значений удельной энергоёмкости сепарации зерна, которая выражается зависимостью:

$$f(p) = \frac{1}{S_p \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(p-\mu_p)^2}{2S_p^2}},$$

где S_p — среднеквадратичное отклонение случайной величины p ;

μ_p — оценка математического ожидания случайной величины p .

В процессе расчётов, вместо μ_p принималось \bar{p} .

Графики эмпирических и теоретических плотностей вероятностей распределений значений удельной энергоёмкости сепарации зерна, представлены на рис. 2.

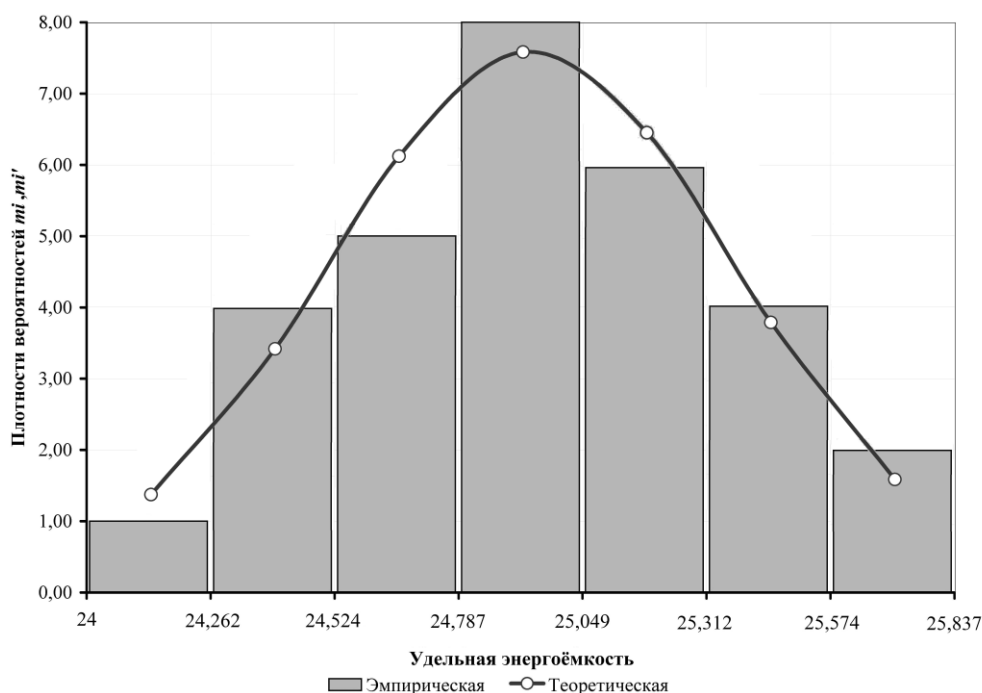


Рис. 2. Графики эмпирической и теоретической плотностей вероятностей распределений значений удельной энергоёмкости сепарации зерна

Для проверки согласованности плотностей вероятностей распределения, полученных по данным выборки с теоретической, использовался критерий согласия Пирсона χ^2 , являющийся наиболее состоятельным. Его состоятельность заключается в том, что он почти всегда определяет неверную гипотезу и обеспечивает минимальную ошибку в принятии неверной гипотезы по сравнению с другими критериями.

Область принятия гипотезы определялась неравенством

$$\chi_p^2 \leq \chi_{кр}^2,$$

где χ_p^2 — расчётное значение критерия Пирсона;

$\chi_{кр}^2$ — критическое значение критерия Пирсона.

Расчётное значение критерия Пирсона определялось по формуле

$$\chi_p^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i}$$

и для удельной энергоёмкости сепарации зерна $\chi_{p_{\alpha_{0,09}}}^2 = 0,709$.

Число степеней свободы для критического значения критерия Пирсона

$$f_{\Pi} = k_u - r - 1,$$

где k_u — количество интервалов, на которые делится выборка;

r_{kn} — количество параметров теоретической функции распределения.

Так как нормальный закон распределения двухпараметрический, то $r_{kn} = 2$.

При исследовании закона распределения плотности вероятности значений удельной энергоёмкости сепарации зерна, было принято следующее критическое значение критерия Пирсона $\chi_{кр}^2 = 0,711$.

Так как расчётные значения критерия Пирсона меньше критического, при уровне значимости $\alpha=0,05$, то гипотеза о нормальном законе распределения плотности вероятности значений удельной энергоёмкости сепарации зерна принималась.

Вывод. На основании проведенного исследования, можно сделать заключение о нормальном законе распределения плотности вероятностей значений удельной энергоёмкости сепарации зерна на пальцевой решётке стрясной доски зерноуборочного комбайна, так как, при уровне значимости $\alpha=0,05$ расчётное значение критерия Пирсона $\chi^2_{p_{\text{факт}}}=0,709$ меньше критического $\chi^2_{\text{кр}}=0,711$.

Список литературы

1. Лимаренко, Н.В. Исследование параметров магнитного поля в рабочей камере индуктора / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Ю.В. Панов, Б.Г. Шаповал. // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2016. – № 1. – С. 136-142.
2. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
3. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Статистика, 1974. – 192 с.
4. Маркова, Е.В. Комбинаторные планы в задачах многофакторного эксперимента / Е.В. Маркова, А.В. Лисенков. – М.: Наука, 1979. – 345 с.
5. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
6. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер. – М.: Мир, 1977. – 552 с.
7. Сороченко, С.Ф. Механико-технологические основы создания системы очистки зерноуборочного комбайна для работы на склонах: автореф. ... дис. доктора техн. наук: 05.20.01 / С.Ф. Сороченко. – Барнаул, 2018. – 39 с.
8. Ридный, С.Д. Совершенствование технологии и средств механизации уборки семенников люцерны (применительно условий степной зоны Северного Кавказа): дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.Д. Ридный. – Ставрополь, 2002. – 126 с.
9. Марченко, А.Т. Совершенствование технологии уборки люцерны на семена с обработкой вороха на стационаре: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.Т. Марченко. – Краснодар, 1994. – 130 с.
10. Пат. 178042 РФ, МПК А01F 12/44, А01D 41/12. Пальцевая решётка стрясной доски / Петров Е.Е., Бутовченко А.В., Шаповал Б.Г.; заявитель и патентообладатель Донской государственный технический университет. – № 2017143933; заявл. 15.12.2017; опубл. 21.03.2018. Бюл. № 9. – 7 с.: ил.
11. Петров, Е.Е. Обоснование состава и свойств вороха, поступающего со стрясной доски на пальцевую решётку, при моделировании процесса сепарации

в лабораторных условиях / Е.Е. Петров, А.В. Бутовченко, Б.Г. Шаповал. // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сборник статей 11-й международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2018. – С. 20-22.

ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Е.В. Печатнова, О.П. Рябец, А.Ю. Подрезова
Алтайский государственный университет

Аннотация. В связи с развитием автомобильного транспорта и повышением его роли в обществе усугубляется ряд проблем, среди которых особое место занимает высокая аварийность на дорогах. Решением проблемы может стать эффективное управление, которое должно основываться на объективных критериях и математической модели. В статье рассмотрено линейное программирование как возможный метод построения такой модели.

Ключевые слова: *линейное программирование, проблемы автомобильного транспорта, аварийность, управление безопасностью дорожного движения, математическая модель.*

LINEAR PROGRAMMING TO SOLVE AUTOMOBILE TRANSPORT PROBLEMS

E.V. Pechatnova, O.P. Ryabets, A.Yu. Podrezova
Altai State University

Abstract. In connection with the development of automobile transport and the increase of its role in society, a number of problems are aggravated, among which a high accident rate on roads takes a special place. The solution to the problem can be effective management, which should be based on objective criteria and a mathematical model. The article considers linear programming as a possible method for constructing such a model.

Keywords: *linear programming, problems of automobile transport, accident rate, traffic safety management, mathematical model.*

Развитие автомобильного транспорта способствует появлению и обострению ряда проблем, с ним связанных, среди которых наиболее выражены: экологическое загрязнение окружающей среды, транспортная загруженность и высокая аварийность [1]. Для решения последней необходима организация управления [2, 3], включающая в себя разработку и применение различных профилактических противоаварийных мероприятий.

В настоящее время система управления безопасностью движения недостаточно эффективна [4]. Для повышения работоспособности существующей системы необходимо введение объективных критериев и формализация управленческих процессов. Одним из средств в данном вопросе может выступить линейное программирование. Этот метод уже применялся отдельными исследователями [5] в различных аспектах управления дорожной безопасностью.

Основой формализации управления может выступить математическая модель линейного программирования, для построения которой необходимо выделить основные противоаварийные мероприятия (x^*). Объем мероприятий в данном случае представлен продолжительностью его проведения (временем). Мероприятия по повышению безопасности дорожного движения (БДД) отличаются различной полезностью, которая может быть выражена с помощью коэффициента полезности (K_i). Проведение мероприятий требует определенных затрат, которые могут быть выражены в качестве ограничения по денежным средствам: d_i по каждому мероприятию (ден.ед/час) и D - общее финансовое ограничение.

Успешный выбор необходимых объемов мероприятий по БДД может быть выражен с помощью модели математического программирования, представленной в виде:

$$Z = \sum K_n x_n \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum d_n x_n \leq D$$

Формула (1) представляет собой общую математическую модель линейного программирования для решения задач по выбору, мероприятий в целях профилактики ДТП. При необходимости могут быть введены прочие ограничения на мероприятия: по количеству задействованного состава сил и средств, по месту проведения и т.д. Кроме того, могут быть введены ограничения по времени для конкретного мероприятия.

Использование моделей математического программирования как одного из основных методов оптимизации позволит повысить эффективность управления в сфере БДД. Кроме того, описанный метод может быть применен и для прочих обозначенных проблем автомобильного транспорта.

Список литературы

1. Пономаренко Е.В. Экологическая составляющая проблемы от автомобильного транспорта // Теория и практика современной науки. 2016. № 12-2 (18). С. 99-101.
2. Карева В.В., Карев В.Ф. Некоторые рекомендации по развитию государственной системы управления БДД // Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2017. С. 38-41.
3. Печатнова Е.В. Повышение эффективности управленческих решений в сфере безопасности дорожного движения // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве Труды XI Всероссийской научно-практической конференции. Сибирский государственный индустриальный университет; Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. 2017. С. 235-237.
4. Бурков В.Н., Кондратьев В.Д., Щепкин А.В. Механизмы по-вышения безопасности дорожного движения – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 208 с.

5. Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А., Цыганов А.В., Пыталева О.А. Использование линейного программирования в аппаратно-программном комплексе мониторинга безопасности дорожного движения // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 2010. Т. 1. № 4. С. 37а-40.

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Н.Р. Пирцхалава

Северный (Арктический) Федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Аннотация. Изменение климата и экономическая глобализация трансформируют Арктику. Сокращения морского льда в Северном Ледовитом океане открывают новые маршруты транспортировки. Это развитие способствует росту новых торговых путей, расширение туризма и упрощение транспортировки грузов в высоких широтах. Северный морской путь - это не единственный, но весьма реалистичский путь к природным ресурсам Севера, Сибири и Дальнего Востока, кратчайший водный путь между портами Европы и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Это тот проект, развивать который нужно уже сейчас. Но основной целью должно быть не перетягивание грузов с южного маршрута и не завоевание рынков, а развитие самого пути. Именно это будет способствовать строительству инфраструктуры, организации системы связи, но самое главное – функционирование Северного морского пути станет локомотивом развития региона, потенциал которого огромен.

Ключевые слова: *Северный морской путь, логистика, Арктика, полезные ископаемые, добыча, разведка, транспортная система, лесопромышленный комплекс, экспорт, транспортная логистика, логистический маршрут.*

TRANSPORT LOGISTICS IN HIGH LATITUDES

N.P. Pirtskhalava

Northern (Arctic) Federal University named after M. Lomonosov

Abstract. Climate change and economic globalization are transforming the Arctic. Sea ice cuts in the Arctic Ocean open up new transportation routes. This development contributes to the growth of new trade routes, the expansion of tourism and the simplification of the transportation of goods in high latitudes. The Northern Sea Route is not the only, but very realistic path to the natural resources of the North, Siberia and the Far East, the shortest water route between the ports of Europe and the countries of the Asia-Pacific region. This is the project that needs to be developed now. But the main goal should not be dragging goods from the southern route and not conquering markets, but the development of the route itself. This is what will contribute to the construction of the infrastructure, the organization of the communication system, but most importantly, the operation of the Northern Sea Route will become the engine of the region's development, whose potential is enormous.

Keywords: *Northern Sea Route, logistics, Arctic, minerals, mining, exploration, transport system, timber industry complex, export, transport logistics, logistic route.*

Арктическое пространство России относится к стратегическим районам страны с огромным природно-ресурсным потенциалом, который включает лесные, биологические, минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы. Северный морской путь (СМП) является главной частью

инфраструктуры экономического комплекса Арктики России и Крайнего Севера и связывающим звеном между западными районами страны и Дальним Востоком [1]. Северный морской путь - это не единственный, но весьма реалистичский путь к природным ресурсам Севера, Сибири и Дальнего Востока, кратчайший водный путь между портами Европы и стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

В подробную оценку существующей логистики и транспортной инфраструктуры, а также добычи углеводородов в Арктике входят условия эксплуатации и технические проблемы в различных частях Арктики, существующие логистические системы, имеющиеся в настоящее время вспомогательные объекты и услуги Арктических портов (рис. 1), терминалов и аэродромов. Предварительные оценки дают четкую картину и обзор текущих недостатков, когда речь идет о морском транспорте. Новый доклад Комитета США по морским перевозкам предоставляет подробную оценку текущего состояния и подробно описывает пять основных компонентов и 16 элементов инфраструктуры новой морской транспортной системы. Для каждого из элементов инфраструктуры (например, связь, картографирование береговой линии, терминалы и т. д.), информация предоставляется по: 1) статусу, задачам и текущей деятельности; 2) тематическим исследованиям; 3) необходимые федеральные действия и сотрудничество с партнерами; 4) этапы и сроки реализации.



Рис.1. Северные порты по трассам Северного морского пути

Коммуникационная система выражена Северным морским путем, образующая транспортную магистраль широтного направления. К СМП в транспортном отношении привлечены крупные экономические районы, занимающие территорию 11 млн. км² и составляют 2/3 территории Российской Федерации с численностью населения около 10,9 млн. человек - 7,6% от численности населения страны при плотности населения 98 человек на 100 км² [2,3]. Важное значение Северный морской путь как транспортная магистраль имеет для обеспечения жизнедеятельности Арктической зоны России площадью 5 млн. км² и населением свыше 1 млн. человек и потребностей промышленного освоения прилегающих к трассе районов.

Анализ развития и использования транспортной системы Арктической зоны России свидетельствует, что морской транспорт в северных широтах Арктической и Субарктической зон является в настоящее время практически безальтернативным и наиболее эффективным способом транспортировки техники, технологического оборудования, промышленных товаров, в том числе лесные грузы, продовольствия, необходимые для функционирования территориально-производственных комплексов, которые расположены в прибрежной зоне арктических морей и жизнеобеспечения проживающих в зоне людей. Северные регионы России обретают новое значение в связи с развитием мирохозяйственных связей, в результате которых уже в ближайшей перспективе возрастает роль и значение Северного морского пути. Глобализация мировой экономики стимулирует создание нового межконтинентального транспортного маршрута между Европой и Азией. Маршрут Северный морской путь - самый короткий путь в Северном полушарии между Тихоокеанским и Атлантическим регионами планеты и из Северо-Запада Канады и Аляски в Северную Европу.

Таблица 1

Направления транспортировки продукции [3]

Экспорт	
Грузы	Транспортировка
Целлюлоза, бумага, картон	Дания, Алжир, Китай, Германия, Бельгия, Великобритания
Пиломатериалы	Италия, Великобритания, Египет, Нидерланды, Китай
Уголь, антрацит, кокс	Германия, Франция, Великобритания
Металлолом	Бельгия, Италия, Испания, Норвегия
Импорт	
Металлы, оборудование, глинозем	Сталь листовая на Выксунский МК
Каботаж	
Оборудование, генеральные грузы, строительные материалы	Порты Белого, Баренцева, Карского морей, по трассе СМП

Таблица 2

Место лесной торговли в международном товарообороте [4]

	Товар	Годовой объем торговли, млрд.долл.США
1	Нефть, природный газ, каменный уголь	2 000
2	Продовольственные товары	600
3	Сталь, цветные металлы	500
4	Автомобили	400
5	Лесные товары	200
6	Вооружение	60

Отгрузка лесных грузов из Мурманска через СМП сберегает 19-дневное время транспортировки в Кобе (Япония); 18,5 дней до Пусана (Южная Корея) и 16 дней в Нинбо (Китай), по сравнению с Суэцким маршрутом, при этом средняя скорость плавания на двух маршрутах одинакова [5]. Используя более

короткий маршрут между Северной Европой и Азией экономит около 40% времени в пути и последующих расходах на топливо и грузовые перевозки. Сокращенное количество дней в море позволяет судну совершать больше обратных рейсов, в результате чего происходит увеличение доходов. Судно с небольшой скоростью по маршруту Китай и Киркенес – Архангельск и Мурманск могут снизить свою скорость на 40%, в то время как судно, идущее на полной скорости по Суэцкому маршруту. Такая небольшая скорость может удвоить энергоэффективность судна и приведет к значительному сокращению выбросов парниковых газов. Таким образом, сокращение выбросов также может привести к значительной экономии средств. Более короткие расстояния позволяют значительно снизить затраты на топливо. К примеру, судно Rapataх (около 75 000 дедвейтов), направляющийся из Киркенеса на севере Норвегии в Шанхай (Китай) сжигает около 30 метрических тонн тяжелого мазута в день по цене 650 долл. США за тонну. Время транспортировки по СМП, по сравнению с Суэцким каналом, - составляет 21 день, поэтому 42 дня сохранены, или 1260 метрических тонн сжигаемого масла, что является 820 000 долларов США. Общая экономия затрат зависит от типа транспортируемого груза.

Таблица 3

Ресурсы лесных товаров [6]

	Регион, страна	Запас леса на корню, млрд. м ³	Заготовка , млн. м ³	Экспорт круглых ЛМ, млн. м ³	Произ- водство ПМ, млн. м ³	Экспорт ПМ, млн. м ³
1	2	3	4	5	6	7
	Весь мир	354	3 600	83	330	120
1	Россия	83	205	19	30	20
2	Бразилия	81	260			
3	США	25	400	18	90	
4	Китай		300			
5	Канада	25	160	15	80	50
6	Швеция	3,2	76		17	13
7	Германия	2,9	55		20	7
8	Финляндия	2,2	60		12	8
	РФ азиатская часть	60	Около 60% - экономически недоступны			
	Европейско-уральская	23	20% - то же			
	Северо-Западный ФО	10	50		6,0	
1	Республика Коми	2,8	8		0,8	0,5
2	Архангельская область	2,5	12		1,6	1,1
3	Вологодская область	1,5	11	2,2		0,1
	Иркутская обл.		24			
	Красноярский край		14			
	Хабаровский край		7			

Для предприятий Архангельской области основными рынками сбыта лесной продукции являются Китай, США, Италия, Испания и Египет. В качестве примера, пунктом отгрузки является ОАО «Архангельский морской торговый порт», пунктом назначения – ShanghaiNewswanInternationalTradingCo. Объем перевозимой продукции составляет 6 900 м³. Транспортировка фанеры осуществляется морским транспортом на судне типа «Иоганн Махмасталь» и железнодорожным транспортом. Количество рейсов составляет: железнодорожным транспортном – один рейс, морским транспортом – один рейс.

Выбранное в качестве транспортного средства судно Северного морского пароходства «Иоганн Махмасталь» имеет арктический ледовый класс. Дальность плавания судна обеспечивает выполнение рейса Архангельск – Шанхай по Северному морскому пути (6 800 морских миль) в экстремальных условиях Северного ледовитого океана при невозможности промежуточной бункеровки на трассе. При киповой вместимости трюмов, равной 9 350 м³ и удельным погрузочным объемом для фанеры в пачках (справочные данные: 1,35 м³ / м³), расчетная грузовая партия фанеры составляет около 6 900 м³. Кроме фанеры, размещаемой в трюмах, судно может принять другие грузы для перевозки на палубе. Возможна погрузка контейнеров на палубу. Это позволяет увеличить использование грузоподъемности судна и, следовательно, несколько снизить ставку фрахта. Карта морской перевозки по Северному морскому пути (расстояние маршрута 10 944 км) и через Суэцкий канал (расстояние маршрута 16 663) по маршруту «Архангельск (ОАО «АМТП») – Шанхай (ShanghaiNewswanInternationalTradingCo.)» изображена на рис.2.

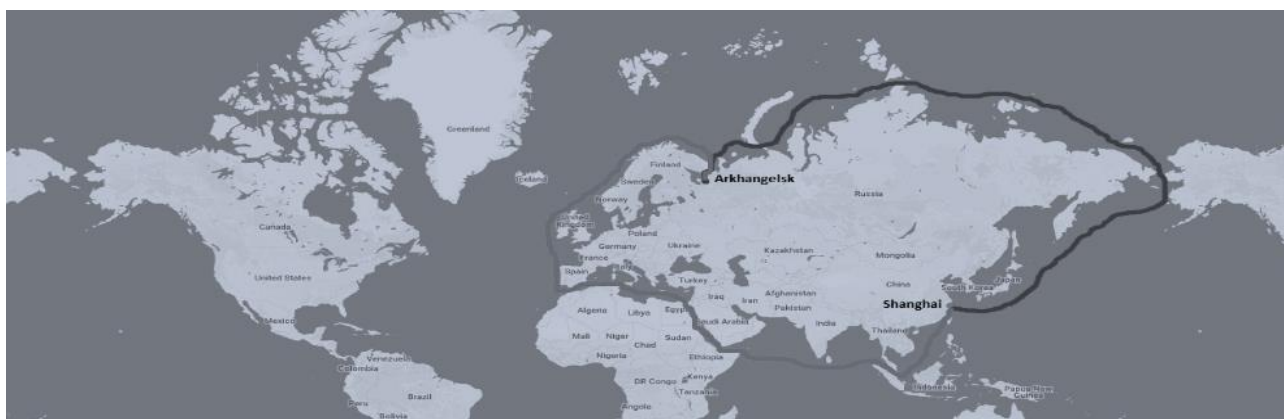


Рис. 2. Карта транспортировки клееной фанеры судном типа «Иоганн Махмасталь» по Северному морскому пути и через Суэцкий канал



Рис. 3. Карта транспортировки фанеры клееной

Карта перевозки железнодорожным и морским транспортом клееной фанеры по маршруту «Архангельск (ОАО «АМТП») – Шанхай (ShanghaiNewswanInternationalTradingCo.)» изображена на рис.3. Расстояние маршрута – 12 090 км.

Таблица 4

Сравнение показателей по вариантам логистической цепи

	Показатель	Варианты		
		Морской транспорт (Суэцкий канал)	Морской транспорт (Северный морской путь)	Железнодорожный транспорт + Морской транспорт
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	Расстояние, км	16 663	10 944	12 090
2	Тариф перевозки, руб./м ³	2 261	7 826	2 351

Увеличение перевозок в Арктике и транзитные транспортировки на круглогодичной основе требуют создания перевалочных узлов на маршруте СМП, чтобы полностью использовать специализированные арктические суда наиболее экономически эффективным способом, обеспечивая хранение и обслуживание для промышленных целей. Один центр может быть расположен в Баренцевом море – возможно в районе Архангельск-Мурманск-Киркенес. Другой должен быть расположен за Беринговым проливом в северной части Тихого океана, возможно, в Алеутских островах. Расположение центра Архангельск-Мурманск-Киркенес является довольно стратегическим, так как этот маршрут составляет девять дней, как из северной части Тихого океана (Берингова пролива), так и из Средиземноморья (Гибралтар), а также вблизи крупных нефтегазовых месторождений в Баренцевом море, на рудниках на севере Швеции и в Финляндии.

Транспортировка будет наиболее актуальной для СМП в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Это включает в себя перевозку грузов между внутренними портами и за пределами региона, такими как нефть, газовый

конденсат, древесное сырье и продукция из древесных материалов, уголь и минералы. Подсчитано, что общий объем всех видов грузов транспортировки по СМП может достигать 100 миллионов тонн в год к 2020 году (включая транзиты) и, возможно, к 2030 году достигнет 150 миллионов тонн.

Список литературы

1. Пирцхалава Н.Р., Карпов А.А., Дербин М.В. Национальная транспортная коммуникация в Арктике [Электронный ресурс] // Лесотехнический журнал. - Режим доступа: www.lestehjournal.ru;
2. Рымашевский В.Л. Архангельская область: перспективы лесопиления [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал. – Режим доступа: www.cyberleninka.ru/;
3. Пирцхалава Н.Р. Перспективы развития Северного морского пути: экспорт лесопродукции [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал. – Режим доступа: www.science-bsea.bgita.ru/;
4. Федеральный закон от 28 июля 2012 г. N 132-ФЗ «О регулировании торгового мореплавания в акватории Северного морского пути» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс онлайн - Некоммерческие интернет-версии системы Консультант- Плюс. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>;
5. Стратегия от 18.09.2013 N Пр-1969 «Развитие Арктической Зоны Российской Федерации и обеспечения Национальной Безопасности на период до 2020 года» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс онлайн - Некоммерческие интернет-версии системы Консультант- Плюс. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>;
6. Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс онлайн - Некоммерческие интернет-версии системы Консультант- Плюс. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>;

О МАЛОИНТЕНСИВНЫХ ЛИНИЯХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

А.А. Платонов, М.А. Платонова

Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий общего пользования, приведены возможные пути снижения текущих эксплуатационных расходов на содержание данных линий.

Ключевые слова: железная дорога, малоинтенсивные железнодорожные линии, оптимизация обслуживания.

ABOUT LOW-INTENSIVE LINES OF GENERAL USE OF THE URAL REGION

A.A. Platonov, M.A. Platonova

Rostov State Transport University

Abstract. The article discusses the issues of improving the efficiency of operating low-intensity public railway lines, shows possible ways to reduce the current operating costs of maintaining these lines.

Keywords: *railway, low-intensity railway lines, optimization of service.*

В настоящее время по сети железных дорог ОАО «РЖД» активизировалась работа по повышению эффективности эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий общего пользования.

Множество малоинтенсивных линий по сети железных дорог ещё в эпоху существования МПС России было закрыто ещё в 90-е и 2000-е годы и, как результат, они были безвозвратно потеряны как для железной дороги в частности, так и для экономики страны в целом. В современных условиях жизни ОАО «РЖД» старается по возможности консервировать и до последнего не закрывать убыточные ветки, причём в ход идут такие стандартные инструменты, как перевод линии на дневную работу, консервация разъездов и станций, закрытие вокзалов и сокращение штата сотрудников.

В целом малоинтенсивные линии подразделяются на однопутные и двухпутные, с местной грузовой работой и без неё, с пригородным движением и без него, с пассажирским движением и без него, с разной блокировкой. Встречаются даже электрифицированные малоинтенсивные линии. Малоинтенсивные линии могут быть также подразделены на полноценные железнодорожные линии с несколькими станциями, на «линии – подъездные пути» (тупиковые, состоящие из одного перегона) и на внутриузловые соединительные ветки между работающими станциями.

Подобные линии ещё не так давно именовались «малодеятельными». Однако, как справедливо отмечалось в [2] законодательное определение понятия «малоинтенсивных линий (участков)» было дано в статье 2 Федерального закона от 10.01.2003 № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации»: «малоинтенсивные линии (участки) – это железнодорожные пути общего пользования с невысокой грузонапряжённостью и низкой эффективностью работы, критерии отнесения к которым утверждаются Правительством Российской Федерации».

В 2017 г. дочернее предприятие ОАО «Российские железные дороги» – АО «Институт экономики и развития транспорта» (ИЭРТ) – разработало Программу по повышению эффективности малоинтенсивных линий. Данная Программа предполагает максимально возможное сокращение убыточных веток на сети. Это позволит государственной компании существенно сократить издержки, связанные с их содержанием. Перед разработкой были уточнены критерии малоинтенсивных линий [7].

Исследованиями, проведёнными ИЭРТ, было установлено, что на сети ОАО «РЖД» – 359 малоинтенсивных линий общей протяжённостью 15,47 тыс. км. Однако в дальнейшем эксперты института исключили 118 линий, «использующихся для чисто технологических целей». В итоге авторы программы рассматривали 241 линию длиной 4,759 тыс. км. По каждой был

утверждён «паспорт», учитывающий особенности линии и содержащий конкретные мероприятия по повышению эффективности её использования.

Для целей разработки Программы весь полигон малоинтенсивных железнодорожных линий на сети ОАО «РЖД» был сгруппирован по 5 основным типам в зависимости от функционального назначения, социальной значимости и характера эксплуатации (табл. 1).

Таблица 1

Типизация малоинтенсивных железнодорожных линий

Типы линий (обозначение)	Характер эксплуатации и функциональное назначение
Линии, имеющие государственное значение, в том числе обеспечивающие перевозки для объектов Министерства обороны (МГЗ)	Наличие на линии объектов Министерства обороны в количестве 1 и более. На линии осуществляется движение как пассажирских, так и грузовых поездов.
Линии с грузовым движением (МГ)	На линии отсутствует движение пассажирских и пригородных поездов.
Линии с пассажирским движением (МП)	На линии отсутствует движение грузовых поездов.
Линии со смешанным движением (МС)	На линии осуществляется движение грузовых и пассажирских поездов. Отсутствуют объекты Министерства обороны РФ.
Технологические линии (МТ)	Транзитные и внутриузловые линии, внутристанционные соединения.

Низкая эффективность работы малоинтенсивных железнодорожных линий в целом ряде регионов Российской Федерации (в т.ч. в Уральском регионе) выражается в экономическом эффекте (а вернее, в его полном отсутствии) – расходы на содержание малоинтенсивных линий (а также штата сотрудников, осуществления перевозок по этим линиям и управления ими) больше чем доходы, получаемые от перевозок грузов и пассажиров, т.е. финансово-экономический результат не обеспечивает рентабельности рассматриваемых участков от собственной деятельности [1].

В соответствии с указанной Программой в Уральском регионе (в частности, в Свердловской области) был выделен целый ряд малоинтенсивных железнодорожных линий (МИЛ) общего пользования, относящихся к Свердловской железной дороге. Типизация и расположение некоторых малоинтенсивных линий по Свердловской области представлены соответственно в табл. 2 и на рис. 1 (МИЛ выделены чёрным цветом).

Типизация малоинтенсивных линий в Свердловской области

Наименование	Протяжённость, км	Класс
Линии типа МГ, км		
Воронцовка – Карпинск	13	4
Ивдель II – Полуночное	24	5
Перегрузочная – Моховой	28	5
Верхнетагильская – Нейва	16	5
Линии типа МС, км		
Устье-Аха – Тавда	185	4
Линии типа МТ, км		
Каква – Серов-Заводской	7	5
Кушва – Азиатская	15	4

Для компенсации (уменьшения) убытков при деятельности малоинтенсивных железнодорожных линий в Свердловской (а также в иных) областях можно наметить несколько направлений работы.

Так, для сокращения расходов на содержание малоинтенсивной линии может быть проведена оптимизация технологии её обслуживания. При этом существует два возможных варианта снижения текущих эксплуатационных расходов:

1. Модернизация малоинтенсивной линии (участка) путём технического перевооружения и реконструкции:

- разработка дистанционных систем управления переводом стрелок и открытием сигналов;
- внедрение диспетчерской централизации для получения полной и достоверной информации о движении поездов и прибытии их в полном составе;
- использование рельсовых автобусов (а также специализированных транспортных средств на комбинированном ходу) для движения в пригородных направлениях [4];
- комбинированное использование различных видов транспорта и др.

2. Уменьшение затрат по определённым статьям расходов.

Уменьшение затрат достигается через приведение в соответствие с объёмами перевозок технических средств и контингента работающих. С этой целью малодеятельные станции переводятся на работу в дневное время, малодеятельные участки переводятся в разряд путей необщего пользования, сокращается число маневровых локомотивов.



Рис.1.Некоторые малоинтенсивные железнодорожные линии в Свердловской области

Кроме вышесказанного, малоинтенсивные железнодорожные линии могут быть переданы субъектам РФ, проданы заинтересованным организациям или сданы на условиях аренды, совместного предприятия или аутсорсинга. Подобные меры применяются для привлечения частных средств в целях улучшения состояния железнодорожных путей, привлечения новых пользователей услуг и увеличения их объёма, повышения доходов посредством получения выкупной цены и арендной платы, а также снижения расходов на содержание железнодорожных путей [5].

Ещё одним вариантом развития событий по сокращению расходов на содержание малоинтенсивной линии является такая кардинальная мера, как закрытие линии. К данному решению стоит подходить взвешенно, т.к. многие малоинтенсивные линии имеют оборонное значение для Российской Федерации, обеспечивая специальные заказы и воинские перевозки. Другие же являются социально значимыми, связывая отдалённые города и посёлки с

крупными городами и центрами, тем самым решая проблемы транспортной доступности территорий [3].

В некоторых случаях вместо закрытия малоинтенсивной линии может быть применена её консервация, то есть управление движением переключается на диспетчерскую централизацию и в дорожный центр управления перевозками. Для обеспечения социальной защищенности работников, высвобождаемых при выведении из эксплуатации малодеятельных линий, их привлекают для проведения работ по консервации и сохранению работоспособности технических средств, для чего разрабатывается специальная программа переквалификации работников [6].

С учётом вышесказанного, можно сделать следующий вывод. Каждое из приведённых направлений работы имеет свои преимущества и недостатки, и каждое в определённой мере позволит компенсировать расходы, понесённые ОАО «РЖД» при эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий общего пользования, расположенных на территории Свердловской области. Однако каждое из рассмотренных мероприятий требует принятия решений, свойственных конкретному малоинтенсивному участку.

Список литературы

1. Балаганская, А.С. Организация работы железнодорожных участков малодеятельных линий / А.С. Балаганская // Научные труды SWorld. 2016. Т. 1. № 2 (43). С. 23-28.

2. Кожевников, Ю.Н. Методологические аспекты определения, классификации и расчета финансовых результатов малоинтенсивных линий (участков) / Ю.Н. Кожевников, И.П. Ильин, Н.С. Мороз // Экономика железных дорог. 2015. №7.

3. Платонов, А.А. К вопросу обеспечения транспортной доступности отдаленных населенных пунктов дорожно-рельсовыми автобусами / Платонов А.А. // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2017. Т. 1. № 1-1. С. 45-49.

4. Платонов, А.А. Социальная значимость организации пассажирских перевозок дорожно-рельсовыми транспортными средствами / А.А. Платонов // Ученые заметки ТОГУ. 2015. Т. 6. № 1. С. 109-113.

5. Приказ ОАО «РЖД» от 04.09.2013 № 80 «О порядке продажи и предоставления в аренду железнодорожных путей ОАО «РЖД»

6. Распоряжение № 1707р от 16 августа 2006 года «Об утверждении Инструкции о переводе на консервацию и проведении расконсервации объектов путевого хозяйства»

7. РЖД разработали программу по повышению эффективности малодеятельных линий [Электронный ресурс] // ОАО «РЖД» [сайт] [2018]. – URL:

http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&refererLayerId=5049&id=300581 (Дата обращения: 5.11.2018)

ОБЩИЙ АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМОЙ EGR

М.В. Полуэктов, М.С. Кочетов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Рассмотрены характерные неисправности системы питания дизельного двигателя, связанные с особенностями конструкции и работы системы EGR в процессе эксплуатации автотранспортных средств. Определены внешние признаки неисправностей и методы их устранения.

Ключевые слова: дизельный двигатель, система питания, система EGR.

COMMON FAULT ANALYSIS OF DIESEL ENGINES FUEL SYSTEM EQUIPPED WITH EGR SYSTEM

M.V. Poluektov, M.S. Kochetov

Volgograd state technical University

Abstract. Typical faults of diesel engine fuel system associated with design and operation of EGR system during vehicles exploitation process are considered. The external symptoms of faults and methods for their elimination are proposed.

Keywords: diesel engine, fuel system, EGR system.

В современных условиях очень важную роль играют экологические показатели автотранспортных средств. Постоянно вводятся новые нормативы экологичности, в частности, с 2015 г. вступил в силу экологический стандарт «Евро-6».

Для обеспечения высокого уровня показателей экологичности автопроизводители совершенствуют конструкцию транспортных средств [1]. Одной из систем, существенно влияющих на степень токсичности отработавших газов автомобилей, является система питания. При этом в отличие от двигателей с искровым зажиганием, система питания дизельного двигателя является конструктивно сложной и требует тщательной регулировки.

Современные дизельные двигатели оснащаются системой питания, в которую включены элементы, обеспечивающие высокие значения мощностных показателей при минимальных выбросах токсичных веществ. К таким элементам относятся системы DPF (Diesel Particulate Filter) – система с сажевым фильтром и EGR (Exhaust Gas Recirculation) – система рециркуляции отработавших газов. Первая система служит для снижения выброса частиц сажи в атмосферу, а вторая – для снижения содержания оксидов азота в отработавших газах [2, 3].

Вместе с тем, внедрение в конструкцию дополнительных систем должно неизбежно сказаться на надежности системы питания в целом [4]. В частности, появляется возможность возникновения дополнительных неисправностей, не характерных для традиционных систем. При этом возникновение неисправностей более характерно для автомобилей, имеющих значительные пробеги. Такие автомобили в большинстве случаев уже не обслуживаются у официальных дилеров. Независимые предприятия автосервиса не всегда имеют

полную нормативную информацию, справочные данные, технологические карты для обслуживания таких систем. Следовательно, данные неисправности могут существенно ухудшить как тягово-экономические, так и экологические характеристики автомобилей, а значит, актуальной задачей является выявление таких неисправностей, разработка технологии и оборудования для их устранения.

В рамках первого этапа исследования была рассмотрена информация, имеющаяся в сети «Интернет» на веб-сервисе YouTube [5, 6, 7]. В ходе анализа информации были определены наиболее вероятные неисправности системы EGR, их внешнее проявление и методы устранения, представленные в табл.1.

Таблица 1

Основные неисправности системы EGR

Внешние признаки (симптомы) нарушения нормальной работы	Структурные изменения взаимодействующих элементов	Необходимые диагностические, профилактические и ремонтные воздействия
Двигатель не развивает достаточной мощности	Клапан EGR заклинил в открытом положении	Снять клапан EGR, очистить или заменить его
Ухудшение динамики разгона на низких оборотах двигателя	Загрязнение каналов впускного коллектора / образование нагара	Снять впускной коллектор, отмыть его от нагара
Работа двигателя сопровождается дымным выхлопом	Загрязнение каналов впускного коллектора / образование нагара	Снять впускной коллектор, отмыть его от нагара
Увеличенный расход топлива двигателем	Загрязнение каналов впускного коллектора	Снять впускной коллектор, отмыть его от нагара
Ошибка недодува / передувания турбины	Заедание крыльчатки турбины вследствие образования окислов	Снять турбину, восстановить или заменить ее, произвести сброс кода ошибки в системе бортовой диагностики
Снижение мощности двигателя в режиме частичных нагрузок	Загрязнение каналов впускного коллектора / образование нагара на стенках канала	Снять впускной коллектор, отмыть его от нагара
Актуатор турбины при определенных нагрузках теряет вакуум (негерметичен)	Заедание вакуумного привода вследствие образования окислов	Снять актуатор турбины, заменить его
Сообщение бортового компьютера об ошибке в сервоприводе клапана	Заклинил клапан EGR	Снять клапан EGR, очистить или заменить его, сбросить ошибку
Неровная работа двигателя на холостом ходу	Загрязнение клапана EGR	Снять клапан EGR, очистить или заменить его

На основании данных табл.1 была составлена схема поэлементного диагностирования системы питания дизельного двигателя, оснащенной системой EGR, представленная на рис.1.

Представленная на рис.1 схема позволит качественно производить диагностирование, что будет способствовать снижению трудозатрат при ТР системы питания и повышению эксплуатационной надежности системы.

Составление более подробной структурно-следственной схемы требует наличия дополнительной информации о неисправностях системы, диагностических признаках. Эта информация может быть получена преимущественно экспериментальным путем по результатам работы предприятий автомобильного транспорта, эксплуатирующих автомобили, оснащенные исследуемой системой.

Таким образом, вторым этапом исследования является сбор и статистическая обработка информации о неисправностях системы питания в эксплуатации, их взаимосвязи, диагностических признаках и методах устранения. Полученные таким образом данные позволят повысить эффективность технической эксплуатации автомобилей, оснащенных дизельными двигателями с системой EGR.

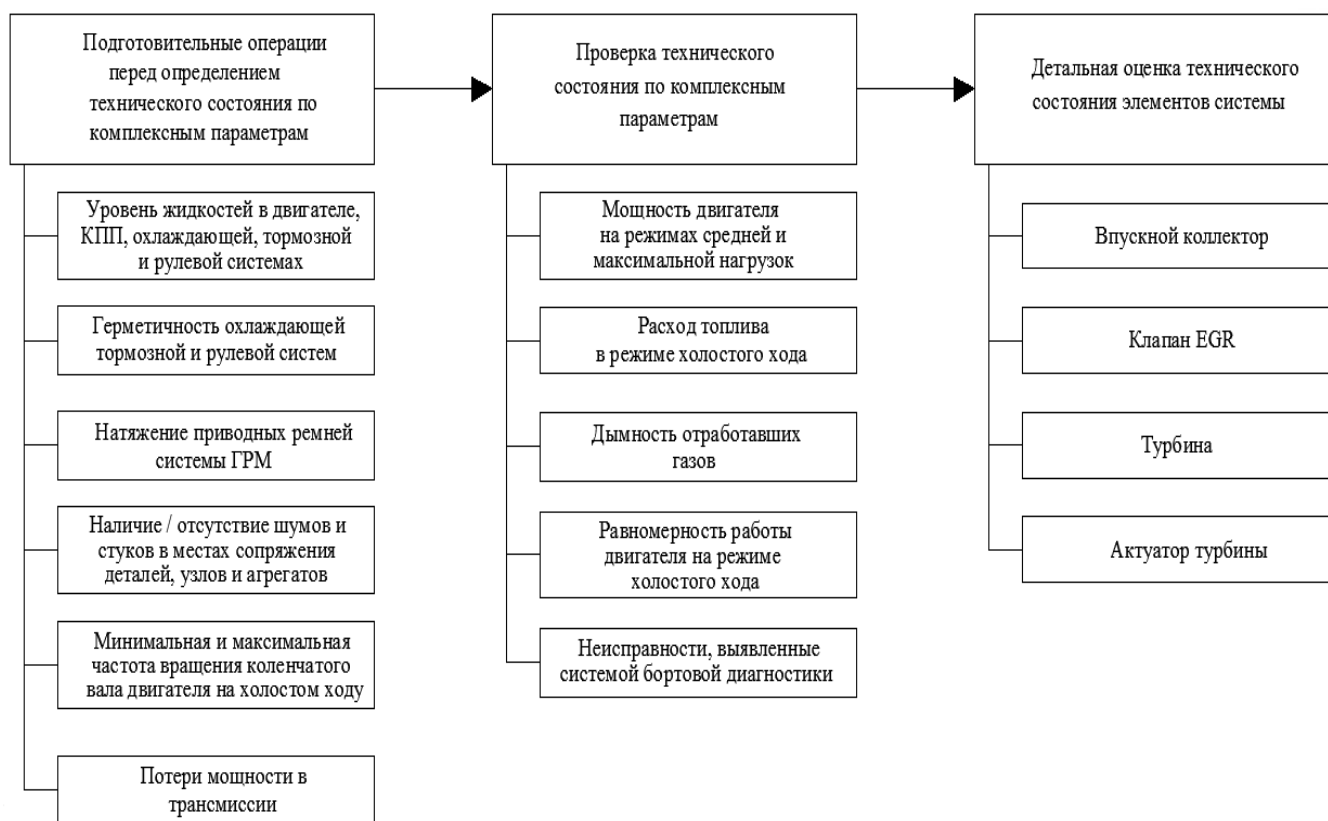


Рис. 1. Схема поэлементного диагностирования системы EGR

Список литературы

1. Ляпин, Н.А. Современные системы технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей / Н.А. Ляпин, С.А. Ширяев, А.П. Федин, М.В. Полуэктов; под ред. Н.А. Ляпина – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2016. – 183 с; ил.

2. EGR: система рециркуляции отработавших газов [Электронный ресурс] // Крути мотор. – Режим доступа : <http://krutimotor.ru/egr-sistema-recirkulyacii-otrabetavshix-gazov/>.

3. Сажевый фильтр [Электронный ресурс] // Системы современного автомобиля. – Режим доступа : <http://systemsauto.ru/output/soot.html>.

4. Ревин, А.А. Влияние рабочего процесса АБС на долговечность элементов шасси автомобиля: монография / А.А. Ревин, М.В. Полуэктов, М.Г. Радченко, Р.В. Заболотный; под ред. А.А. Ревина. – Москва, 2013. – 222 с.

5. Как ЕГР (EGR) клапан убивает мотор вашего авто [Электронный ресурс] // YouTube. – Режим доступа: <https://www.you-tube.com/watch?v=5ILZBQ4kTkQ>

6. Система EGR (Exhaust Gas Recirculation) - Зло или благо [Электронный ресурс] // YouTube. – Режим доступа: <https://www.you-tube.com/watch?v=8eyYTIuDq98>

7. ТехЦентр DIESELOK - 4 плюса и 1 минус отключения клапана EGR. НЕ убить свой мотор! Заметки Рулевого [Электронный ресурс] // YouTube. – Режим доступа : <https://www.youtube.com/watch?v=bKwjfjQhJrg&t=1s>

УЧЕТ МЕЖЦИКЛОВОЙ НЕИДЕНТИЧНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ

К.В. Приходьков, В.Т. Ишанкулов, В.А. Проценко, М.А. Ляченков
Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматриваются возможности использования системы индексирования двигателя на борту транспортного средства для формирования алгоритма системы управления.

Ключевые слова: ДВС, МЦН, система управления.

ACCOUNTING OF CYCLE-BY-CYCLE VARIABILITY IN SPARK IGNITION ENGINE

K.V. Prikhodkov, V.T. Ishankulov, V.A. Protchenko, M.A. Lyachenkov
Volgograd State Technical University

Abstract. The article discusses the possibility of using the engine indexing system on board the vehicle to form the control system algorithm.

Keywords: ICE, cycle-by-cycle variability, control system.

Введение

Двигатель внутреннего сгорания на сегодняшний день является преобладающей энергетической установкой автомобильного транспорта, что делает его одним из основных потребителей углеводородного сырья и источником загрязнения окружающей среды. При этом в механическую работу преобразуется только примерно половина энергии, выделяемой при сгорании топлива.

Для двигателей с искровым зажиганием эффективность рабочего процесса существенно зависит от степени обеднения топливовоздушной смеси (ТВС) и

характеризуется межцикловыми вариациями. Наиболее сильно зависимость проявляется на режимах холостого хода и частичных нагрузках, преобладающих при эксплуатации транспортного средства в городских условиях [2].

Межцикловая неидентичность рабочего процесса двигателя с искровым зажиганием проиллюстрирована на рис.1, где показана серия максимальных давлений 20 последовательных циклов двигателя с искровым зажиганием. Заштрихованные области характеризуют индикаторный КПД циклов. Из рисунка видно, что разница между максимальным и минимальным индикаторным давлением составляет более 0,2 МПа. Это значительно сказывается на топливной экономичности.

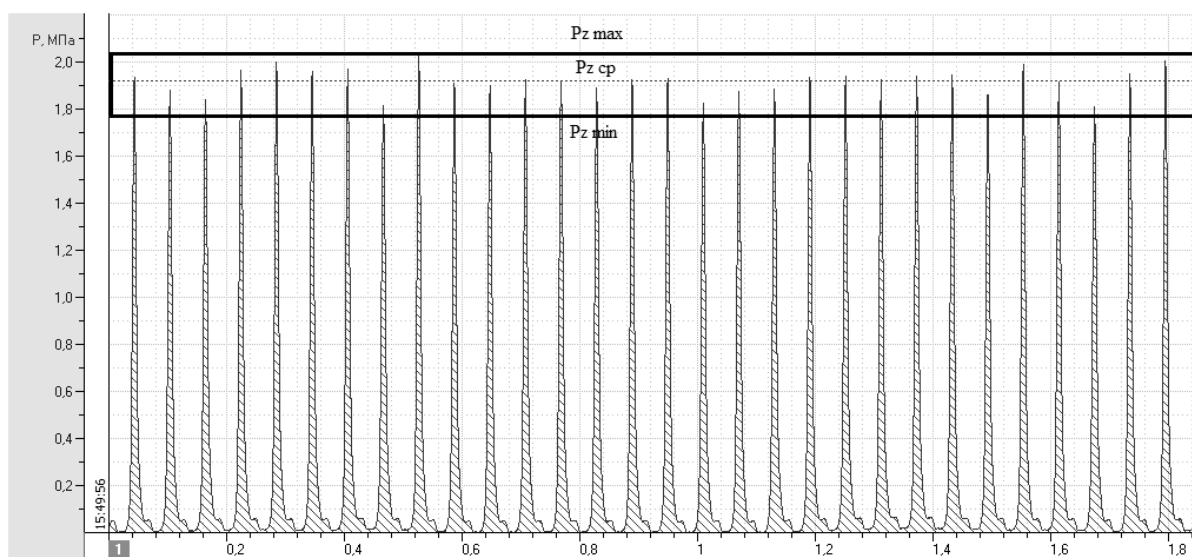


Рис. 1. Индикаторные диаграммы 20 последовательных циклов двигателя ВАЗ ВАЗ-11194, $n=1000$, $N=25$ кВт

Указанная особенность заставляет исследователей искать способы повышения эффективности использования топлива. Такая работа ведется в направлении совершенствования систем топливоподачи, газораспределения, конструктивных параметров, либо в направлении оптимизации алгоритма управления двигателем и его систем [3-4].

Одним из способов управления является система отключения цилиндров или отдельных циклов. Наиболее совершенные системы отключения отдельных циклов позволяют не только отключать подачу топлива в конкретном цикле, но и управлять процессом газообмена в том же цикле [3,5,6]. Основных подходов к реализации системы отключения цилиндров можно выделить несколько:

- деактивация клапанов с помощью толкателя специальной формы (системы Multi-Displacement System, Displacement on Demand);
- конструкция обеспечивающая деактивацию коромысла (системы Active Cylinder Control, Variable Cylinder Management);
- применение кулачков распределительного вала разного профиля (система Active Cylinder Technology).

Недостатком существующих систем управления можно считать методику выбора цикла для деактивации. Как правило, выбор такого цикла основан на предварительно полученной статистической информации о значениях среднего индикаторного или максимального давлений цикла.

Однако деактивация цикла приводит к изменению статистических характеристик, что не учитывается известными алгоритмами управления. Можно предположить, что с течением времени статистическая картина восстанавливается. Вместе с тем, согласно результатам исследований А.З. Филиппова, отключение цикла приводит, по крайней мере, в поршневой машине, к изменению условий протеканию рабочего процесса в цикле, который следует за отключенным в том же цилиндре.

Уменьшая межцикловую неравномерность давления в цилиндрах двигателя, можно добиться лучшей топливной экономичности и снизить выбросы углеводородов. Так, например, в работе Федянова [1], указывается, что в результате устранения МЦН возможно уменьшение удельного эффективного расхода топлива, при условии давления рабочего процесса пересчёте последовательных циклов до наилучшего из циклов. Таковыми циклами считаются те, у которых среднее индикаторное давление и КПД соответствуют максимальному при выборке из 20 последовательных циклов. Так, устранение МЦН на режиме, соответствующем открытию дроссельной заслонки на 60% привело бы к снижению g_e на 4,85% [1]. Приблизить все циклы к наилучшему можно путем улучшения наихудшего.

Со статистической точки зрения исключения такого цикла из выборки тоже привело бы к улучшению средних параметров выборки [5,6].

На практике такой цикл можно исключить путём отключения топливоподачи в момент ожидания наихудшего цикла. Для определения цикла, подлежащего отключению, необходимо предварительно получить и обработать статистический массив экспериментальных данных. данный этап был проведен в лаборатории Волгоградского государственного технического университета.

Экспериментальная установка.

Основной узел испытательной установки - четырёхцилиндровый двигатель ВАЗ-11194 был оборудован системами измерения, которые необходимы для снятия стандартных характеристик двигателя. Помимо этого стенд был оснащён специализированным оборудованием, позволяющим получать данные для расчёта статистик распределений цикловых значений пробивных напряжений и частоты вращения коленчатого вала. Схема испытательного стенда приведена на рис. 2.

Нагрузочный режим двигателя регулировался с помощью использования электрического тормоза постоянного тока MS-2218-4 (производство фирмы Тесла) мощностью 60 кВт при $n=6000$ мин⁻¹.

Испытуемый двигатель соединялся с электрическим тормозом посредством муфты. Её конструкция давала возможность отсоединять ДВС при его работе на режиме холостого хода.

Для проведения измерений и регистрации процессов использовалось оборудование фирмы Kistler.

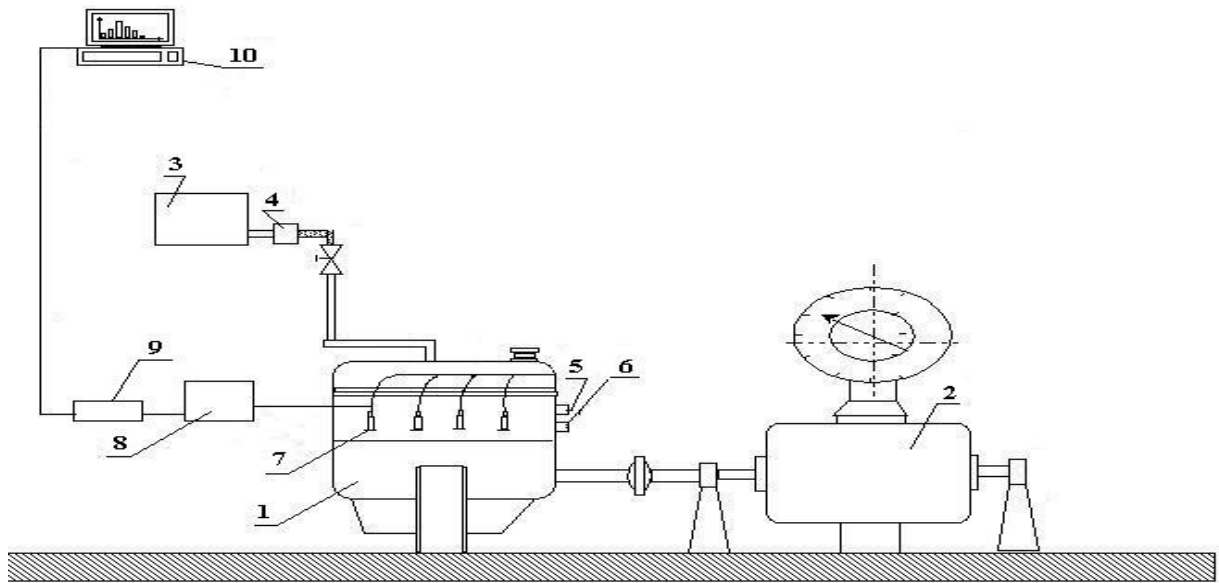


Рисунок 2.Схема испытательного стенда:

1 – Двигатель ВАЗ-11194, 2 – балансирная машина, 3 – топливный бак, 4 – электромагнитный клапан, 5 – датчик начала отсчета, 6 – Датчик угловых импульсов, 7 – датчик свеча, 8 – блок усиления и преобразования сигнала, 9 – АЦП, 10 – Компьютер

Алгоритм отключения циклов.

Предлагается рассмотреть динамический алгоритм управления двигателем, построенный на обработке статистических данных о протекании внутрицилиндровых процессов.

На основе статистического анализа давлений в циклах задаются необходимым отклонением от среднего максимального давления, исходя из чего получают значение порогового давления, при не достижении которого цикл будет подлежать отключению. Визуально определение циклов подлежащих отключению представлено на рис.3.

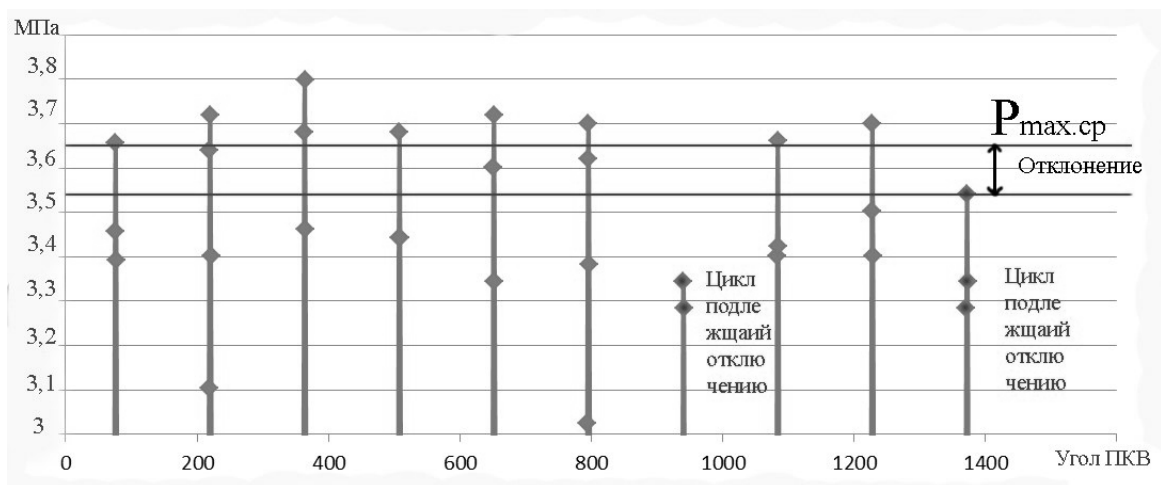


Рис. 3. Определение циклов подлежащих отключению

После проведения анализа большого количества циклов, можно определить вероятность появления цикла с низкой эффективностью, и на основании этих данных прогнозировать циклы с низким эффективным давлением, и производить их отключение. На примере установки с двигателем ВАЗ-11194 были произведены расчеты для трех разных значений порогового давления : 20%,88%,100% от среднеквадратического отклонения, из расчетов следовало, что в данных режимах производится отключение каждого 14-го,17-го,20-го циклов соответственно. Для характеристики режимов использовались показатели крутящего момента (M_{\max} , M_{\min} , $M_{\text{ср}}$),а так же коэффициент неравномерности крутящего момента (K), и коэффициента неравномерности хода двигателя (δ). В ходе расчетов были получены результаты приведенные в табл.2, показатели двигателя без отключения цилиндров приведены в табл.1.

Таблица 1

Показатели стандартного двигателя

M_{\max}	285,9704669 Нм
M_{\min}	-133,322009 Нм
$M_{\text{ср}}$	68,31074284 Нм
K	6,138016641
δ	0,02541105

Таблица 2

Сводная таблица показателей разных режимов отключения цилиндров

Отключаемый цикл	Каждый 14-ый цикл	Каждый 17-ый цикл	Каждый 20-ый цикл
M_{\max} , Нм	277,660224	281,9509464	277,660224
M_{\min} , Нм	-88,0853005	-88,0853005	-88,0853005
$M_{\text{ср}}$, Нм	57,49944142	58,35801932	59,18875859
K	6,360853522	6,340795168	6,17930724
δ	0,048627414	0,046208871	0,045271495

Таким образом, задавшись приоритетным показателем работы двигателя, мы можем выбрать режим, при котором наряду с экономией топлива будет сохраняться допустимые значения выбранного параметра.

Использование бортовой системы индицирования на борту транспортного средства позволит постоянно накапливать и актуализировать статистическую информацию о циклах, подлежащих отключению.

Использование бортовой системы индицирования на борту транспортного средства позволит постоянно накапливать и актуализировать статистическую информацию о циклах, подлежащих отключению.

Список литературы

1. Федянов, Е.А. Межцикловая неидентичность рабочего процесса и проблемы улучшения показателей ДВС с искровым зажиганием / Е.А. Федянов и др. // Диссертация на соискание учёной степени доктора наук. Волгоград, 1999. 341 с.

2. Приходьков, К.В. Межцикловая неидентичность рабочего процесса роторно-поршневого двигателя Ванкеля при добавках водорода к основной топливно воздушной смеси / К.В. Приходьков, Ю.В.Левин, Е.А.Федянов, С.Ю.Кан // Известия ВолгГТУ. 2017. №3. С. 46-50.
3. Pera C. Influence of flow and ignition fluctuations on cycle-to-cycle variations in early flame kernel growth / C. Pera, V.Knop, J. Reveillon // Proc. Combust. Inst. 2014. P. 72-90.
4. Ceviz, M.A. Cyclic variations on LPG and gasoline-fuelled lean burn SI engine / M.A. Ceviz, F. Yüksel // Renew. Energy. 2006. Vol. 31, № 12. P. 1950–1960.
5. Petrovic S. Cycle by Cycle Variations of Flame Propagation in a Spark Ignition Engine / S. Petrovic. // SAE Techn. Pap. Ser. 1982. No. 820091. 12 p.
6. Pera C. Effects of residual burnt gas heterogeneity on early flame propagation and on cyclic variability in spark-ignited engines /, S. Chevillard, J. Reveillon // Combust. Flame. 2013. Vol. 160, № 6. P. 1020–1032.
7. Но, С.М. Turbulence Effects on Early Flame Kernel Growth / С.М. Но, D.A. Santavicca // SAE paper no 872100. 1987. P. 505–512.
8. Aleiferis, P.G. The relative effects of fuel concentration, residual-gas fraction, gas motion, spark energy and heat losses to the electrodes on flame-kernel development in a lean-burn spark ignition engine / P.G. Aleiferis et al // Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng. 2004. Vol. 218, № 4. P. 411–425.
9. Burgett, R.R. Measuring the Effect of Spark Plug and Ignition System Design on Engine Performance / R.R. Burgett, J.M. Leptich, K.V.S. Sangwan // SAE paper no 720007. 1972. P. 48-56.

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ХАРВЕСТЕРНЫХ МАШИН НА ЛЕСОЗАГОТОВКАХ

П.Г. Пыриков, Г.В. Дадашова

Брянский государственный технический университет

Аннотация. В статье отражены перспективные направления совершенствования харвестерной техники, применяемой в технологиях сортиметной заготовки в лесной промышленности. В частности, представлена возможность выполнять харвестером законченный цикл обрезки сучьев, обрезку коры, цилиндрования и деления на сортименты без предварительного спиливания хлыста. Проанализированы технологические аспекты выполняемых операций.

Ключевые слова: харвестер, сортиментная заготовка, хлысты, устойчивость, концентрация обработки.

TO THE QUESTION OF IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF USE OF HARVESTERNY CARS ON LOGGING

P.G. Pyrikov, G.V. Dadashova

Bryansk state technical university

Summary. The perspective directions of improvement of the harvesterny equipment applied in technologies of sortimetny preparation in the forest industry are reflected in article. In particular,

opportunity to carry out a harvester the finished cycle of cutting of boughs, cutting of bark, a cylindrical cutting and division into assortments without preliminary cutting of a switch is presented. Technological aspects of the carried-out operations are analysed.

Keywords: *harvester, assortment preparation, switches, stability, concentration of processing.*

Широкое применение харвестерной техники на лесозаготовках обусловлено высокой технологичностью объектов механизации данного типа, обеспечивающих законченный цикл первичной обработки лесоматериалов. Вместе с тем тенденции устойчивого лесопользования, энергоэффективности, сохраняемости агрофона на лесосеках, экономичности и пожарной безопасности, обуславливают поиск путей совершенствования харвестеров, как в части базовых шасси и технологического оборудования, так и устройств вторичной переработки порубочных остатков (технологических отходов).

Исходя из концепции проектирования харвестеров следует заметить, что основными конкурентными преимуществами обладают машины повышенной проходимости, главным образом колесного типа, оснащенные силовыми установками на альтернативных видах топлива; использующими полноповоротные манипуляторные системы, оснащенные разнотехнологичными рабочими органами.

Отмеченные аспекты позволяют принять в качестве приоритетных следующие направления модернизации харвестерных машин: повышение концентрации обработки, увеличение числа выполняемых операций, минимизация энергозатрат на рабочие и вспомогательные процессы (устойчивость машины при маневрировании и выполнении рабочих операций, силовое замыкание, ориентирование хлыста при обработке, складирование хлыстов и т.д.), цифровизацию управления системами курсовой и позиционной устойчивости, позиционирования хлыстов, рабочих органов и проч.

Большинство применяемых сегодня машин этих типов - финского и шведского производства (Caterpillar, Gremo, HSM, John Deere, Komatsu Forest (Valmet), Logset, Ponsse, Rottne, Sampo, Silvatec, Sogedep, Tigercat, TimberPro и др.). В настоящее время около 100 крупных компаний позиционируют себя в качестве разработчиков и производителей харвестеров и харвестерных головок [1,6].

Следует отметить, что харвестерная головка – основной рабочий орган харвестера, реализующий преимущественно валочно-раскряжевые технологические операции; оснащается функциями разметки хлыста, его позиционирования, силового замыкания и подачи, а также выполнения механической обработки пильными аппаратами, ножами и фрезами.

Одной из основных рабочих систем харвестерной головки является система вальцовой подачи хлыстов. Энергоемкость вальцового механизма, как правило, представляющего собой два или три рифленых приводных вальца, позволяет обеспечить высокую производительность (скорость подачи более 10 м\мин), тяговое усилие (16 - 65 кН) и устойчивость хлыста при комлевом диаметре от 420 до 2200 мм при контакте с режущими инструментами.

Вальцовые механизмы подачи харвестерных головок также обеспечивают кинематическое соответствие фактической траектории хлыста его геометрической форме, чем обеспечивается максимальный полезный выход на стадиях сучкорезной обработки и раскряжевки.

Однако технологическое применение вальцовых подающих устройств осложнено неизбежными деформациями древесины а, в ряде случаев, и ее разрушением при контакте с рифлями. Это существенно ограничивает перспективы применения харвестерной техники, в частности при возможной реализации выполнения окорочных и особенно оцилиндровочных работ.

Кроме того, горизонтальное расположение хлыста, представляющего собой балку с бесконечным числом степеней свободы в позиции обработки, ограниченная площадь контактирования вальцов с заготовкой существенно влияют на устойчивость машины, обуславливая необходимость увеличения силового замыкания и, соответственно, нагружения вальцов в системе «инструмент-обрабатываемая заготовка». Такое расположение хлыста увеличивает площадь рабочей зоны харвестера и затрудняет работу манипулятора.

В области контакта вальцов с древесиной протекают процессы, инициирующие абразивную и окислительную формы разрушения конструкционного материала. Следствием этого выступает искажение профиля рифлей, что негативно отражается на их сцеплении с древесиной, в особенности при рабочих процессах, в обеспечении проектной величины тягового усилия.

Таким образом, представляется целесообразным рассмотреть пути повышения универсальности применения харвестерной техники как с позиции технологической, так и конструкторской составляющих.

На стадии валки дерево представляет собой систему в виде консольно опертого на основание статически неопределимого стержня, для которого силовое замыкание моделируется заделкой. Это позволяет разгрузить механизм подачи головки в виду того, что гравитационная составляющая, обусловленная массой дерева, воспринимается реакцией опоры (приходится на грунт), что, кроме того, исключает необходимость предусматривать в конструкции харвестерной головки силовое замыкание, обеспечивающее устойчивость хлыста в осевом и тангентальном направлениях, достаточное для осуществления рабочих процессов. Силовое замыкание реализуется при этом для обеспечения режимов подачи рабочего (обрабатываемого) органа, которым предусматривается возможность осуществлять сучкорезные, окорочные, оцилиндровочные и раскряжевочные операции выборочно.

Технологическая схема харвестера представлена 8 стадиями функционирования. В первой осуществляется подход машины на позицию, затем подъем стрелы манипулятора с харвестерной головкой на вершину дерева (на длину, определенную стандартизованным сортаментом полуфабриката), отпиливание вершины, установку харвестерной головки с рабочими органами на вершину заготовки хлыста и фиксирование ее вальцовым механизмом подачи; включение привода сучкорезного модуля роторного типа и

перемещение головки вниз, благодаря чему удаляются сучья. При нахождении харвестерной головки в крайнем нижнем положении сучкорезный модуль отводится от заготовки и в работу вступает модуль окорки. При этом харвестерная головка совершает перемещение вверх по стволу дерева. Дойдя до крайнего (верхнего) положения в работу вводится рабочий модуль оцилиндровки.

После этого, из крайнего нижнего положения, осуществляется холостой ход головки. Затем, начиная с верхней части ствола дерева, поперечным делением осуществляется раскряжевка. При этом в качестве срезающего механизма могут выступать как цепные консольные пилы (без подпила), так и ножевые устройства.

Следует заметить, что в случаях экспорта учет объемов круглой древесины выполняется в обязательном порядке без коры. Кроме того, окоренные лесоматериалы плотнее заполняют транспортные средства, благодаря чему снижаются соответствующие затраты. Например, в результате окорки балансов и рудничной стойки коэффициент загрузки подвижного состава увеличивается на 8–12 %.

Оцилиндровка применяется в ситуациях, предусмотренных техническим заданием на лесозаготовительные работы.

Очевидно, что при сохранении вертикального расположения ствола дерева (без его предварительного спиливания) требуется существенно меньшая рабочая площадь при использовании харвестера; соответственно требуется меньшая санитарная зона для обеспечения безопасности проведения работ. Это повышает экономическую и экологическую эффективность использования харвестера по критерию концентрации обработки, поскольку сводится к минимуму необходимость маневрирования машиной для смены позиций, лучше сохраняется агрофон и сокращаются вредные выбросы от сгорания топлива.

При такой организации цикла обработки обеспечиваются лучшие условия для сохранения подростка, в отличие от горизонтально ориентированного хлыста при его обработке, в виду необходимости производить манипулирование на стадии центрования относительно обрабатываемых органов.

Применение манипуляторов с высотой стрелы 30 м обеспечивает возможность реализовать выполнение лесозаготовительных операций в основных диапазонах типоразмеров сырья, определенных таксологическими признаками. При этом номинальные размеры длины пиломатериалов устанавливаются от 0,5 м до 7,0 м в длину [1,2,3]. Эти значения могут быть обеспечены на стадии раскряжевки.

Технологическая последовательность выполнения стадий цикла определена с учетом фактора устойчивости ствола дерева, поскольку большая часть нагрузки воспринимается его корневой системой.

Технологическая последовательность выполнения операций организована таким образом, что размерообразующие (оцилиндровка и раскряжевка) операции выполняются на завершающем этапе.

Начало цикла обеспечивается при перемещении харвестерной головки со стороны вершины ствола дерева, поскольку вверх расположенные ветки и сучья при взаимодействии с инструментом обладают наибольшей жесткостью, обеспечивая наилучшие условия для срезания. По тем же основаниям размерообразующая оцилиндровка также выполняется с верхней части ствола, поскольку при этом создаются наилучшие условия для устойчивости дерева.

Представляется целесообразным выполнять окорку и оцилиндровку одним инструментальным ротором за счет изменения режимов обработки (окружной скорости резания и подачи).

Одной из важных перспектив совершенствования харвестерной техники является, наряду с основными операциями по заготовке сортиментов, обеспечение возможности переработки технологических отходов лесозаготовки: отпиленных вершин, сучьев, веток, коры щепы и стружки.

Согласно пунктам 61 и 62 Правил заготовки древесины, очистка мест рубок от порубочных остатков проводится одновременно с рубкой лесных насаждений и трелевкой древесины.

Очистка мест рубок осуществляется следующими способами:

- укладкой порубочных остатков на волокнистые материалы с целью их укрепления и предохранения почвы от сильного уплотнения и повреждения при трелевке;
- сбором порубочных остатков в кучи и валы с последующим сжиганием в пожаробезопасный период;
- сбором порубочных остатков в кучи и валы с оставлением их на месте для перегнивания и для подкормки диких животных в зимний период;
- разбрасыванием измельченных порубочных остатков в целях улучшения лесорастительных условий;
- укладкой и оставлением на перегнивание на месте рубки [4].

Указанные способы очистки мест рубок при необходимости могут применяться комбинированно.

Как следует из этого, в нормативах переработки порубочных остатков не предусмотрена технологическая возможность осуществлять эти мероприятия средствами лесозаготовительной механизации.

Однако представляется целесообразным предусмотреть такую возможность на стадии выполнения предлагаемого технологического цикла харвестера, с учетом вида и размеров (фракционного состава) образующегося неделового сырья. При этом для мелкофракционного состава (опилок) и измельченной коры целесообразно применять пневматические рукава - стружкоотсосы; для более крупных фракций (веток, сучков и проч.) подвесные емкости - сборщики с направляющими, ориентирующими образующиеся отходы в накопители.

Проанализированные направления совершенствования применения харвестерной техники на лесозаготовках позволяют отметить целесообразность разработки адаптивных конструкций харвестерных головок, использование которых обеспечит выполнение законченного технологического цикла деревообработки на стадии лесозаготовительных операций. При этом необходима также разработка соответствующих конструкций манипуляторных

систем, обеспечивающих возможность производить заготовку крупноразмерных сортиментов. Отдельным аспектом конструирования является сохранение неделовой древесины и отходов лесопиления при использовании харвестерной техники.

Список литературы

1. ГОСТ 9463-2016 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. Введ. 2017-05-01. М.: Межгосстандарт: Стандартиформ, 2016. 2 с.
2. ГОСТ 22298-76 Бревна пиловочные хвойных пород, поставляемые для экспорта. Технические требования. Взамен ГОСТ 10.6-69; введ. 1978-01-01. М.: Межгосстандарт: Изд-во стандартов, 2000. 2с.
3. ГОСТ 2695-83 Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия. Введ. 1984-01-01. М.: Межгосстандарт: Стандартиформ, 2007. 2 с.
4. Герасимов Ю. Ю. Лесосечные машины для рубок ухода: Компьютерная система принятия решений / Ю. Ю. Герасимов, В. С. Сюнёв. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1998. 236 с.
5. Об утверждении Правил заготовки древесины: приказ Рослесхоза от 01.08.2011 N 337 Зарегистрировано в Минюсте РФ 30 декабря 2011 г. N 22883
6. Проспекты зарубежных фирм-производителей харвестерных головок, участников специализированных выставок «Карельский лес. Мебель. Деревообработка» (г. Петрозаводск), «Интерлес» (г. Санкт-Петербург), «Российский Лес» (г. Вологда), «Лес и деревообработка» (г. Архангельск).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАЗНОМАРОЧНОГО ПАРКА ТРАКТОРОВ

Г.В. Редреев

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

Аннотация. Сельскохозяйственные предприятия эксплуатируют тракторный парк, характеризующийся разномарочностью, большим разбросом возраста тракторов и их технического состояния, что негативно сказывается на эффективности технического сервиса. Положение усугубляется еще и его низким ресурсным обеспечением. В применяемых ранее методических подходах рассматривались отдельные стороны технического сервиса; они не предусматривали комплексного подхода. Нами выделены три составляющих технического сервиса – обслуживаемые тракторы, технологии сервиса, исполнители сервиса – и предложен концептуальный проект системы технического сервиса, основанный на четырех базисных понятиях. Произведено аналитическое описание функционирующие системы технического сервиса. В качестве критерия эффективности принят коэффициент качества технического сервиса, равный произведению степеней соответствия объемов базисных понятий. Выявлено, что для установившейся разномарочности парка тракторов и постоянных технологиях сервиса, коэффициент качества равен квадрату соответствия квалификации исполнителей конструкциям обслуживаемых тракторов. Для оценки разномарочности парка и новизны технологий технического сервиса введены соответствующие коэффициенты. Предложенные нами количественные оценки дают возможность инженерным службам сельскохозяйственных предприятий планировать рациональный уровень работоспособности тракторов за счет изменения квалификации исполнителей технического сервиса.

Ключевые слова: тракторный парк, технический сервис, коэффициент качества, степени соответствия, рациональный уровень работоспособности.

ENSURING A LEVEL OF PERFORMANCE DIFFERENT-VINTAGE PARK OF TRACTORS

G.V. Redreev

Omsk state agrarian University. P.A. Stolypin

Annotation. Agricultural enterprises operate a tractor fleet, characterized by diversity, a large spread of age of tractors and their technical condition, which adversely affects the efficiency of technical service. The situation is compounded by its low resource endowment. The previously applied methodological approaches considered individual aspects of technical service; they did not provide for an integrated approach. We have identified three components of technical service-serviced tractors, service technologies, service providers-and proposed a conceptual design of the technical service system based on four basic concepts. Made an analytical description of the functioning of the system of technical service. As a criterion of efficiency the coefficient of quality of technical service equal to the product of degrees of compliance of volumes of basic concepts is accepted. It is revealed that for the established heterogeneity of the tractor fleet and constant service technologies, the quality factor is equal to the square of compliance of the performers ' qualification with the designs of serviced tractors. To assess the diversity of the Park and the novelty of technical service technologies, appropriate coefficients are introduced. Our proposed quantitative assessments engineering services of agricultural enterprises plan sustainable level of efficiency of the tractor by changing the qualification of the maintenance.

Keywords: *tractor fleet, technical service, quality factor, degree of compliance, rational level of efficiency.*

Введение

Сельскохозяйственные предприятия имеют в составе машинно-тракторного парка различную сельскохозяйственную технику: от новой – до выработавшей нормативные сроки службы; от находящейся в хорошем техническом состоянии – до предельно изношенной; от новейшей конструкции со встроенными средствами диагностирования – до значительно морально устаревшей. Обеспечение требуемого уровня работоспособности этой техники весьма проблематично.

Использовавшиеся в проведенных ранее исследованиях методологические подходы не в полной мере пригодны для решения задачи обеспечения работоспособности тракторов различных марок, возраста и технического состояния, в этой очень сложной ситуации, для которой характерны следующие противоречия:

1) между требованием реализации специализированного технического сервиса и дефицитом или отсутствием квалифицированных кадров и оборудования для технического сервиса;

2) между потребностью в теоретико-методологическом обосновании комплекса взаимосвязей системы технического сервиса тракторного парка и обоснованными отдельными сторонами, аспектами технического сервиса;

3) между необходимостью функционирования цельной системы технического сервиса и нескоординированной деятельностью отдельных предприятий технического сервиса;

4) между широким разбросом характеристик эксплуатируемых тракторов (конструктивных, эксплуатационных, надежностных) и узкой технологической специализацией субъектов технического сервиса;

5) между уровнем приспособленности машин к диагностированию и требованиями сокращения длительности технического сервиса.

Объекты и методы

Предложено выделить три взаимосвязанные стороны процесса обеспечения работоспособности тракторов. На этой основе сформулированы базисные понятия, осуществлено концептуальное проектирование некоторого организационно-обособленного образования, цель которого – реализация процесса технического сервиса.

Введены следующие базисные понятия [1,2,3,4]:

1. цели – мотивы деятельности исполнителей ТО и ремонта (Р);
2. процессы в технических системах (ТС) – процессы, происходящие в подсистемах, узлах и сборочных единицах тракторов, приводящие к изменению их работоспособности;
3. технологии ТО и Р – технологии выполнения операций ТО и ремонта, применяемые при обеспечении работоспособности тракторов;
4. исполнители ТО и Р – люди определенной квалификации, объединенные в группу необходимой численности.

Был определен комплекс взаимосвязей и отношений, возникающих на базисных понятиях (Рисунок 1) [5,6]:

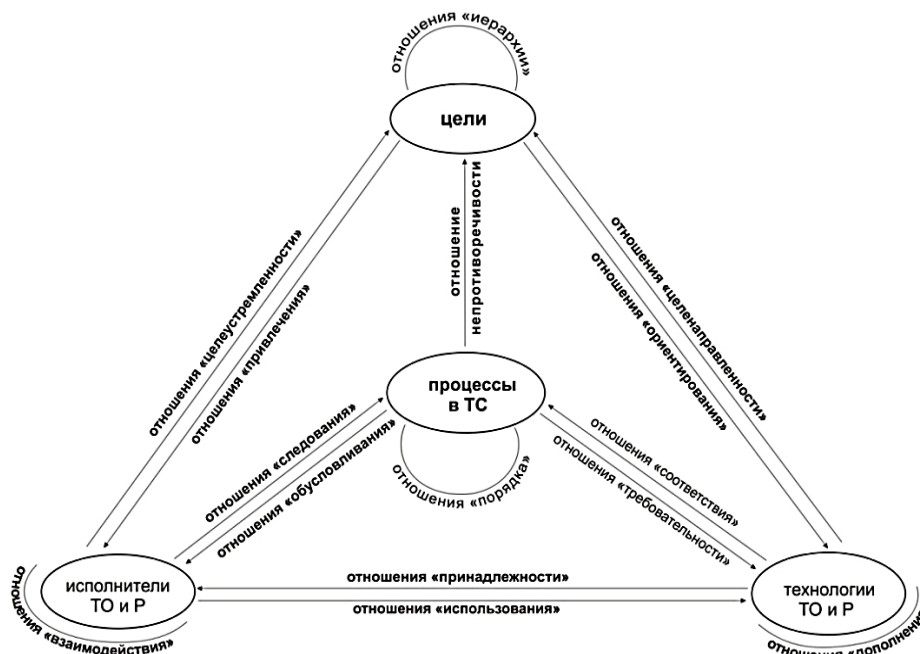


Рис. 1. Взаимосвязи базисных понятий системы технического сервиса тракторов

Всевозможные организационно-технологические варианты (в рамках представляемого нами концептуального проекта) технического сервиса

тракторов обусловлены комплексом отношений, возникающих между базисными понятиями и их внутренними составляющими [7,8].

Цель технического сервиса сводится к поддержанию такого значения коэффициента технического использования, при котором обеспечивается необходимая производительность тракторного агрегата:

$$W_a = k \cdot W_{\text{час}} \cdot K_{\text{ми}}, \quad (1)$$

где k – поправочный коэффициент;

$W_{\text{час}}$ – часовая производительность агрегата, га/час;

$K_{\text{ми}}$ – коэффициент технического использования.

$$K_{\text{ми}} \geq K_{\text{ми}}^{\text{треб}} = K_{\text{ми}}^{\circ} K_{\mu}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ми}}^{\circ}$ – базовое значение коэффициента технического использования,

K_{μ} – коэффициент качества технического сервиса, определяемый по зависимости

$$K_{\mu} = \prod_1^n \mu_i, \quad (3)$$

при $i = 1-5$. Степени соответствия: μ_1 – выполненных объемов работ технического сервиса – требуемым объемам; μ_2 – периодичности ТО – нормативным ее значениям; μ_3 – технологий ТО и Р – обслуживаемым машинам; μ_4 – квалификации исполнителей технического сервиса – технологиям ТО и ремонта; μ_5 – квалификации исполнителей технического сервиса – обслуживаемым машинам.

Нами установлено, что $K_{\text{ми}}^{\circ} = (0,7 - 0,9)$, $K_{\mu} = (0,8 - 0,6)$.

Степени соответствия μ_1 и μ_2 определяются организацией технического сервиса. Примем для дальнейших рассуждений $\mu_1 = 1,0$ и $\mu_2 = 1,0$. Математическая модель системы технического сервиса будет иметь вид:

$$\mu_3 \sum_{j=1}^M TX_j = \sum_{k,l=1}^{K,L} MA_k \cdot S_l \quad (4)$$

$$\mu_4 \sum_{i=1}^N N_i K_i = \sum_{j=1}^M TX_j \quad (5)$$

$$\mu_5 \sum_{i=1}^N N_i K_i = \sum_{k,l=1}^{K,L} MA_k \cdot S_l \quad (6)$$

где TX_j – j -я технология из общего перечня технологий ТО и ремонта, $j = 1 \div M$; MA_k – количество машин в k -м агрегате; S_l – количество подсистем (узлов, сборочных единиц) в машине $l = 1 \div L$; τ_l – длительность обслуживания l -й подсистемы (узла, сборочной единицы); N_i – i -й исполнитель ТО и ремонта; K_i – компетентность i -го исполнителя.

Однако на практике возможны ситуации, отличные от типовой, описанной зависимостями (4) – (6). Технологии технического сервиса должны быть применимы для обслуживания нескольких марок машин, исполнители должны быть готовы к обслуживанию машин других марок, использованию новых технологий технического сервиса.

Аналитическое описание системы технического сервиса будет иметь вид:

$$\mu_3 \sum_{j=1}^M TX_j \geq \sum_{k,l=1}^{K,L} MA_k \cdot S_l \quad (7)$$

$$\mu_4 \sum_{i=1}^N N_i K_i \geq \sum_{j=1}^M TX_j \quad (8)$$

$$\mu_5 \sum_{i=1}^N N_i K_i \geq \sum_{k,l=1}^{K,L} MA_k \cdot S_l \quad (9)$$

Для решения системы неравенств введем определенные коэффициенты; система уравнений при этом будет иметь вид:

$$\mu_3 \sum_{j=1}^M TX_j = K_{MT} \sum_{k,l=1}^{K,L} MA_k \cdot S_l \quad (10)$$

$$\mu_4 \sum_{i=1}^N N_i K_i = K_{TH} \sum_{j=1}^M TX_j \quad (11)$$

$$\mu_5 \sum_{i=1}^N N_i K_i = K_{MH} \sum_{k,l=1}^{K,L} MA_k \cdot S_l \quad (12)$$

где K_{MT} – коэффициент разномарочности парка машин по применяемым технологиям; K_{TH} – коэффициент новизны применяемых технологий технического сервиса; K_{MH} – коэффициент разномарочности парка машин по квалификации исполнителей.

Очевидно, что $K_{MT} > 1$, $K_{TH} > 1$, $K_{MH} > 1$.

Результаты исследований

Решая систему уравнений (4)–(6), получим [9]:

$$\mu_3 \cdot \mu_4 = \mu_5 \quad (13)$$

$$(\mu_3 \mu_4)^2 = K_\mu \quad (14)$$

$$\mu_5^2 = K_\mu \quad (15)$$

Отдельные графики зависимостей представлены на рисунках 2–3.

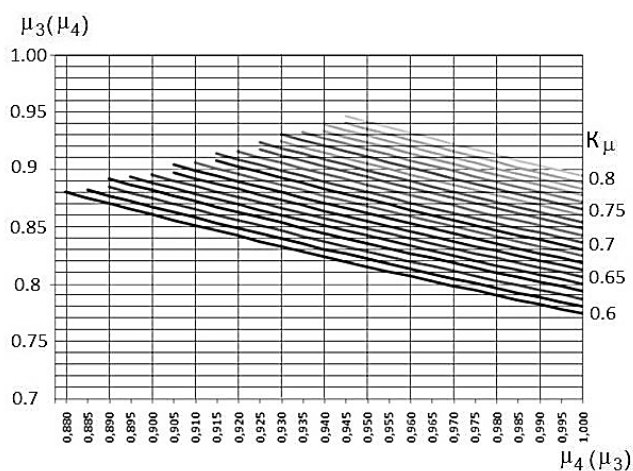


Рис. 2. Минимально допустимые расчетные значения μ_3 , μ_4

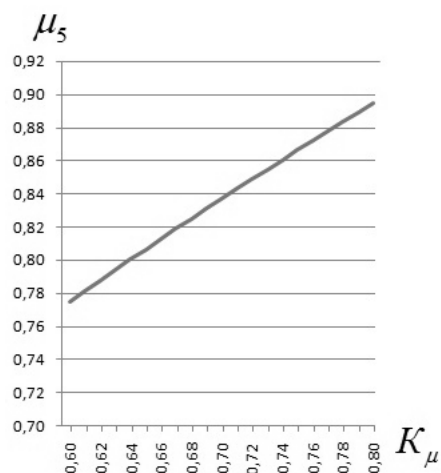


Рис. 3. Зависимость значений степени соответствия μ_5 от коэффициента качества K_μ

Решая систему уравнений (10)–(12), получим:

$$\frac{\mu_3 \mu_4}{\mu_5} = \frac{K_{MT} K_{TH}}{K_{MH}} \quad (16)$$

$$\mu_5 = \sqrt{\frac{K_{\mu} K_{MH}}{K_{MT} K_{TH}}}, \quad (17)$$

$$\mu_3(\mu_4) = \frac{\mu_5 K_{MT} K_{TH}}{\mu_4(\mu_3) K_{MH}} \quad (18)$$

Отдельные графики зависимостей минимально допустимых значений степеней соответствия представлены на рис.4–5.

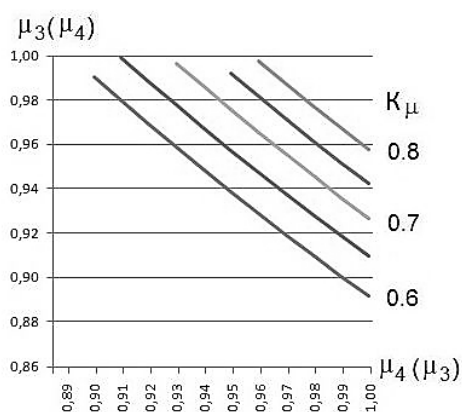


Рис. 4. Зависимости минимально допустимых значений μ_3 и μ_4 при различной величине коэффициента качества

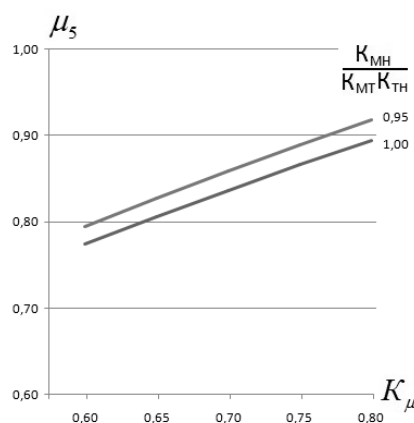


Рис. 5. Зависимость минимальных значений μ_5 от величины коэффициента качества для различных соотношений $K_{MH}/(K_{MT} K_{TH})$

Заключение

Исследование уравнений, аналитически описывающих функционирующую систему технического сервиса, позволило установить, что коэффициент качества технического сервиса равен квадрату степени соответствия квалификации исполнителей конструкциям обслуживаемых машин, $K_{\mu} = \mu_5^2$. В свою очередь степень соответствия квалификации исполнителей конструкциям обслуживаемых машин равна произведению степени соответствия квалификации исполнителей технологиям технического сервиса и степени соответствия технологий конструкциям обслуживаемых машин $\mu_5 = \mu_3 \cdot \mu_4$. При минимально допустимом для практики сельскохозяйственного производства изменении значений коэффициента качества (0,8–0,6) минимально допустимые значения степеней соответствия составят: 0,894–0,774 – для квалификации исполнителей конструкциям обслуживаемых машин; 0,945–0,88 – для квалификации исполнителей технологиям технического сервиса; 0,945–0,88 – для технологий технического сервиса конструкциям обслуживаемых машин. Таким образом, инженерная служба сельскохозяйственных предприятий имеет возможность обеспечивать рациональный уровень работоспособности

тракторов за счет изменения квалификации исполнителей технического сервиса.

Представленная нами модель позволяет учитывать разномарочность парка обслуживаемых машин. Установлено, что необходимо различать разномарочность парка по применяемым технологиям и разномарочность парка по квалификации исполнителей. В модель также введен коэффициент новизны применяемых технологий технического сервиса.

Список литературы

1. Редреев, Г.В. К вопросу о целях, достигаемых при обеспечении работоспособности машинно-тракторных агрегатов / Г.В.Редреев, Г.А.Окунев // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 6–2; С.282–286 URL: http://rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=100078.

2. Редреев, Г.В. Процессы в технических системах как основа и цель обеспечения работоспособности машинно-тракторных агрегатов. / Г.В. Редреев, Г.А. Окунев // *Инженерный вестник Дона*, 2014. – №4; URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2014/2728>.

3. Редреев, Г.В. К вопросу о применении технологий ТО и ремонта при обеспечении работоспособности машинно-тракторных агрегатов. / Г.В. Редреев // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – №5; URL: www.science-education.ru/119-14864 (дата обращения: 11.07.2018).

4. Редреев, Г.В. Взаимодействие исполнителей ТО и ремонта при обеспечении работоспособности машинно-тракторных агрегатов. / Г.В. Редреев // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12434 (дата обращения: 21.03.2018).

5. Редреев, Г.В. Обоснование концепции обеспечения работоспособности машинно-тракторных агрегатов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2–1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22971>.

6. Redreev, GV Information System of Machines and Tractors Fleet Technical Service. /GV Redreev, A A Luchinovich, E I Ustiyantsev and A S Laskin // *IOP Conference Series: Journal of Physics, Volume 1059, conference 1* <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1059/1/012003>.

7. Теслинов, А.Г. Концептуальное мышление в разрешении сложных и запутанных проблем / А.Г. Теслинов. – СПб.: Питер, 2009. – 288 с.

8. Теслинов, А.Г. Концептуальное проектирование сложных решений / А.Г. Теслинов. – СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

9. Редреев, Г.В. Математическая модель процесса обеспечения качества технического сервиса. / Г.В. Редреев // *Вестник ОмГАУ*, №3(31) – Омск, 2018. – С. 95–106.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА

М.В. Родионов, Р.С. Фаскиев

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Аннотация. в данной работе представлены существующие методы диагностики каталитического нейтрализатора. Приведен анализ различных методов диагностирования, а также неисправности и причины их возникновения. Выделен наиболее перспективный метод диагностики основанный на анализе данных осциллограммы давления в надпоршневом пространстве, полученных с использованием мотор-тестера.

Ключевые слова: *каталитический нейтрализатор, диагностирование, методы, неисправность, мотор-тестер.*

ANALYSIS OF DIAGNOSTIC METHODS FOR THE CATALYTIC CONVERTER

M.V. Rodionov, R.S. Faskhiev

FSBEI "Orenburg state University"

Abstract. This paper presents the existing methods of diagnostics of the catalytic Converter. The analysis of various methods of diagnosis, as well as faults and their causes is given. The most promising method of diagnosis based on the analysis of the data of the pressure waveform in the above-piston space, obtained using a motor tester.

Keywords: *catalytic converter, diagnostics, methods, fault, motor-tester.*

Процесс автомобилизации негативно сказывается на состоянии воздушной среды населенных пунктов, из-за увеличения количества выброса отработавших газов транспортными средствами. Вследствие этого, стали приниматься экологические стандарты, в которых представлены требования к составу отработавших газов. Первым таким стандартом является ЕВРО-1, введенный в 1993г. В этом стандарте регулируются выбросы таких веществ как оксид углерода (СО), углеводороды (СН), оксиды азота (NO). На данный момент действующим стандартом является Евро-6, введенный в 2015г. В нем ужесточились нормы по выбросам таких веществ как СО (с 2,72 до 1 г/км), СН (до 0,1 г/км), NO (до 0,06 г/км).

Для регулирования концентрации вредных веществна автомобилях применяются разного рода нейтрализаторы, в большинстве своем каталитические. Принцип работы данного элемента основан на беспламенном поверхностном окислении токсичных веществ в присутствии катализатора, ускоряющего химическую реакцию окисления СО, СН, С до СО₂ и восстановление NO_x до N₂.



Рис. 1. Общий вид каталитического нейтрализатора

Катализатором выступают такие металлы как палладий, родий, рутений и некоторые окислы металлов: окись меди, хрома, никеля, кобальта и двуокись марганца, которые являются дорогостоящими. Сам нейтрализатор работает в очень агрессивных условиях, которые зачастую приводит к нарушению его целостности. Выход из строя такого элемента информирует о том, что его засоренность или разрушение является следствием неправильной работы двигателя или системы управления ДВС. Таким образом, проводя диагностику технического состояния нейтрализатора, можно предотвратить дальнейшее его разрушение и поломку двигателя.

На техническое состояние каталитического нейтрализатора оказывает влияние большое количество факторов. Основными являются техническое состояние двигателя, настройка ТПА (топливоподающей аппаратуры), стиль вождения водителя, качество топлива.

Первой причиной разрушения каталитического нейтрализатора является использование топлива с несоответствующим данному двигателю октановым числом или наличие в составе топлива присадок, оказывающих негативное влияние на техническое состояние. Присадкой может выступить такое вещество как сера, которая в ходе химической реакции выделяется в виде серной кислоты и происходит отравление катализатора, в частности уменьшается его активность и селективность в реакции. Часто для повышения октанового числа используют тетраэтилсвинец. Он представляет собой маслянистую бесцветную жидкость и осаждается на элементах системы выпуска в виде нагара. Так же из широко используемых в настоящее время средств для увеличения уровня октанового числа считается метилтретбутиловый эфир, представляющий собой бесцветную легко воспламеняющуюся жидкость со свойственным ей запахом. Недостатком является его нагарообразование в случае высокой концентрации.

Следующим фактором, влияющим на работу нейтрализатора, является техническое состояние двигателя и его систем. Например, изношенные поршневые кольца являются причиной попадания моторного масла в

надпоршневое пространство, откуда оно попадает в выпускной тракт и забивает соты нейтрализатора. Такой процесс приводит к повышению давления и температуры выхлопных газов, вследствие чего и происходит разрушение.

Так же отрицательно влияет на каталитический нейтрализатор некорректная работа ТПА, которая корректирует подачу топлива для формирования топливно-воздушной смеси. Основной задачей ТПА является формирование оптимального соотношения воздуха и топлива подаваемого в камеру сгорания. Для полного сгорания 1 кг бензина необходимо 14,7 кг воздуха, и такая смесь называется стехиометрической. При избыточном значении массы топлива (обогащенная смесь) возникает продукты неполного сгорания, а при недостаточной (обедненная смесь) повышается количество оксидов азота в выхлопных газах. Обедненная или обогащенная смесь приводит к тому, что соты нейтрализатора забиваются продуктами неполного сгорания. За поддержание смесеобразования отвечают такие элементы систем управления двигателем: датчик массового расхода воздуха, датчик абсолютного давления, датчик температуры воздуха, датчик положения дроссельной заслонки, датчик положения EGR, топливная форсунка, датчик давления топлива и кислородный датчик. Соответственно техническое состояние этих датчиков оказывает влияние на работоспособность каталитического нейтрализатора.

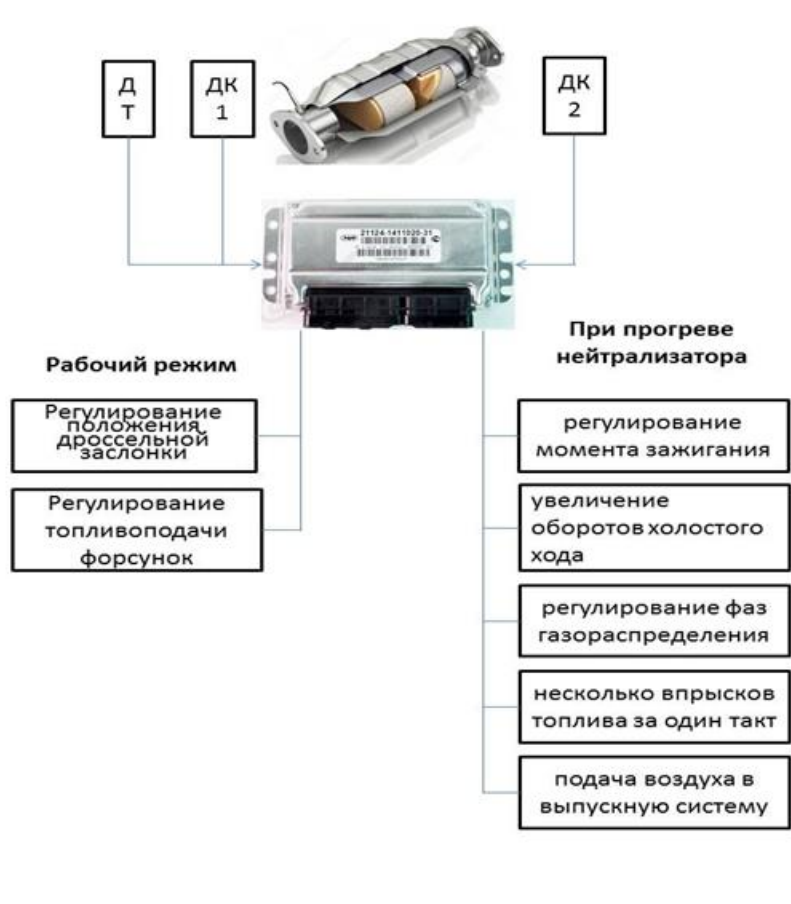


Рис.2. Взаимодействие ЭБУ и системы управления двигателем

Температуры при которой работа нейтрализатора эффективна составляет $>350\text{ C}^0$. При неработающем двигателе, температура нейтрализатора равна температуре окружающей среды и для ускорения его прогрева ЭБУ выполняет такие манипуляции как: регулирование момента зажигания, увеличение оборотов холостого хода, регулирование фаз газораспределения, несколько впрысков топлива за один такт, подача воздуха в выпускную систему. После прогрева нейтрализатора и выхода его на рабочий режим, исходя из показаний регулирующего датчика кислорода (ДК 1), ЭБУ корректирует топливовоздушную смесь. Основным путем регулировки смеси является изменение объема подаваемого воздуха положением дроссельной заслонки и корректировка времени открытия топливных форсунок.

Каталитический нейтрализатор в большинстве случаев устанавливается под днищем автомобиля, его защита от физического воздействия не предусмотрена. Зачастую это приводит к контакту с дорогой или элементами дороги, что впоследствии и разрушает нейтрализатор.

Способы диагностики

Для оценки технического состояния и оценки ресурса каталитического нейтрализатора существуют методы и средства его диагностики.

Одним из наиболее распространенных способов диагностики является визуальный осмотр. Суть данного способа состоит в визуальном осмотре технического состояния каталитического нейтрализатора. Преимуществом данного метода можно считать достоверную информацию о состоянии нейтрализатора. К недостаткам можно отнести необходимость демонтажа, а это процедура сложная, так как все соединения подвергаются коррозии, в результате чего скручивание болтов и гаек вызывает сложности.

Проверка нейтрализатора при помощи манометра так же является частым способом диагностики из-за простоты методики и отсутствия необходимости использования сложного оборудования. Суть данного метода состоит в измерении давления перед нейтрализатором. Манометр устанавливается вместо первого датчика кислорода, что и является недостатком, так как его установка достаточно проблематична. Так же не всегда указывается диапазон значений, в которых должно находиться давление в процессе работы двигателя. На рисунке 3 стрелочкой обозначено место установки манометра при диагностировании данным методом.

Существует и такой способ диагностики, суть которого состоит в измерении температуры поверхности до и после нейтрализатора. Измерение температуры осуществляется на сварных швах нейтрализатора при помощи пирометра. Недостатком данного способа является то, что отсутствует нормативная документация и получаемые таким методом данные предоставляют недостаточную информацию о техническом состоянии нейтрализатора.

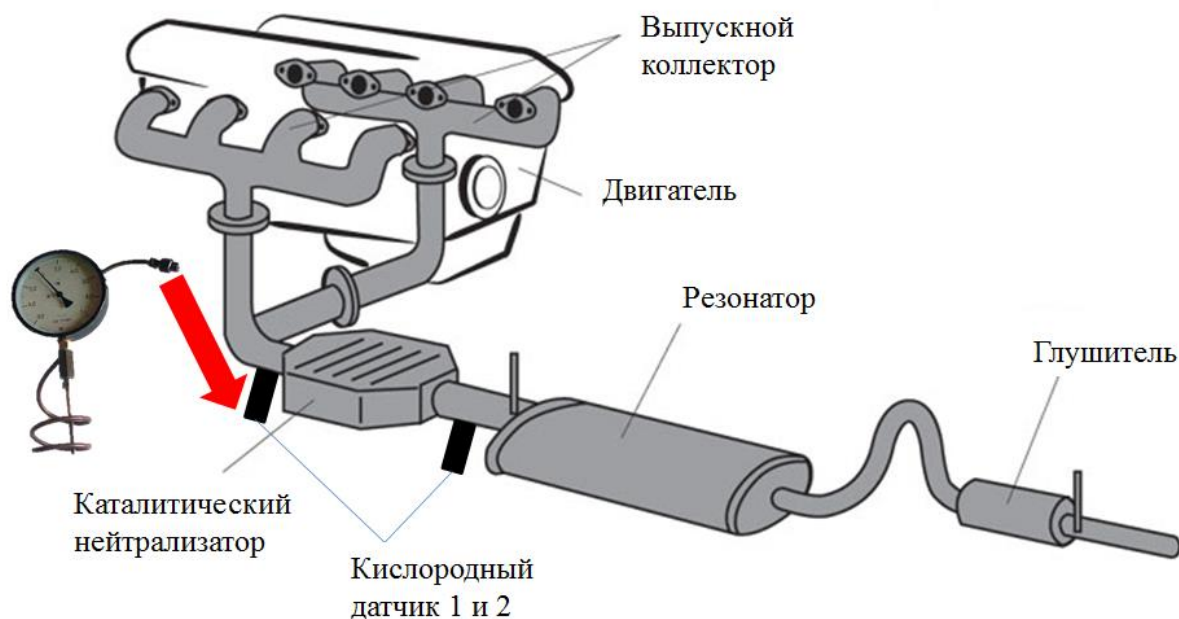


Рис. 3. Подключение манометра в выхлопную систему

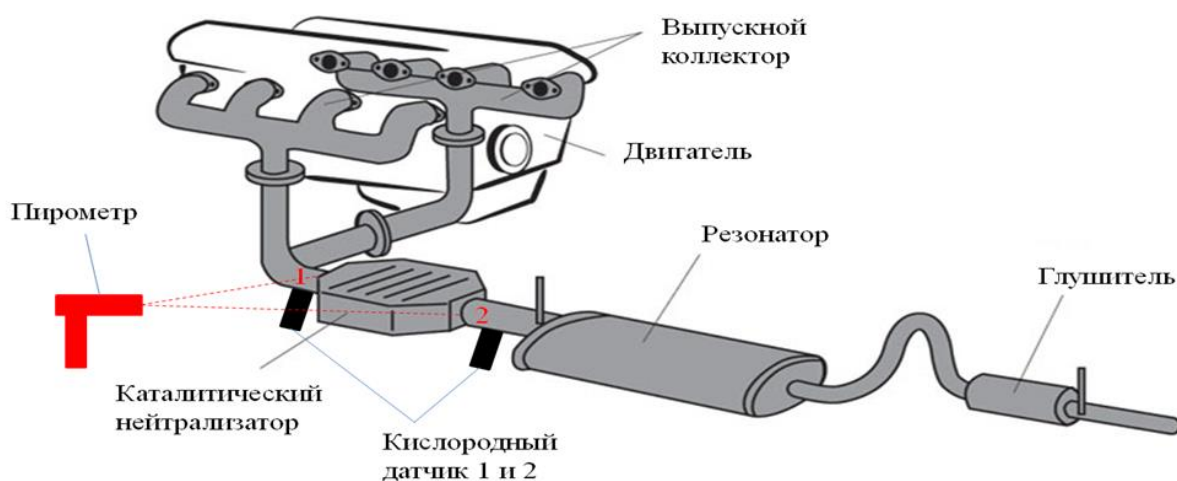


Рис.4. Измерение температуры пирометром

Наиболее перспективным, технологичным способом дающим наиболее объективную информацию о техническом состоянии о нейтрализаторе является способ с использованием мотор-тестера. Данный метод подразумевает снятие осциллограммы давления в надпоршневом пространстве и дальнейший ее анализ. Недостатком данного способа является необходимость использования дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного персонала. На рисунке представлены осциллограммы давления исправного и неисправного нейтрализатора. Отличие осциллограммы исправного от неисправного состоит в том что пиковое давление в конце такта выпуска меньше чем на осциллограмме неисправного.

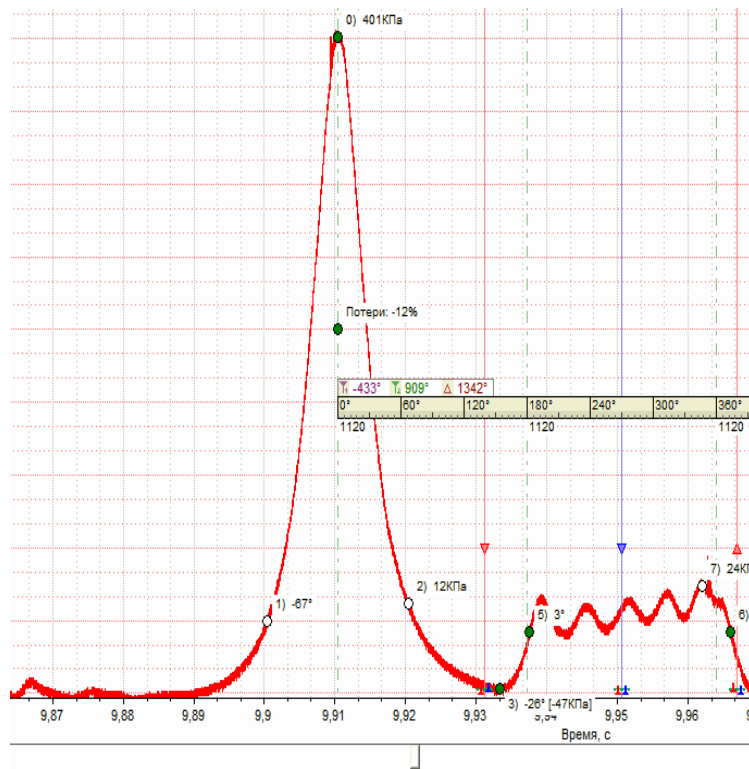


Рис.5. Осциллограммы давления исправного нейтрализатора

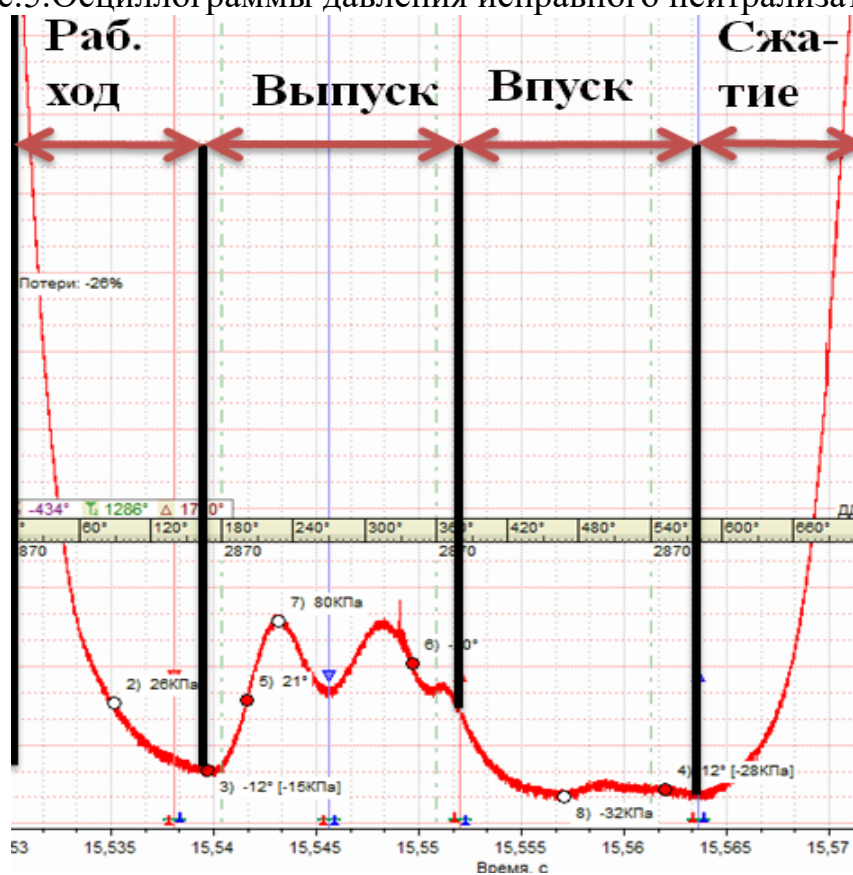


Рис.6. Осциллограмма давления неисправного нейтрализатора

Помимо этого стоит отметить, что для оперативного предоставления водителю информации о техническом состоянии нейтрализатора предусмотрен

второй(диагностический) датчик кислорода. При возникновении неисправности нейтрализатора система управления двигателем определяет ее, и загорается лампочка «CHECK ENGINE» на панели приборов.

Рассмотрев все способы диагностирования можно сделать вывод, что использование для диагностирования каждого метода в отдельности не дает полной информации о техническом состоянии нейтрализатора. Например, информацию системы управления двигателем не всегда можно считать адекватной, так как диагностический датчик работает в агрессивных и постоянно меняющихся условиях. Необходимо добиться комплексного подхода к диагностированию, что приведет к точной оценки технического состояния нейтрализатора, уменьшит стоимость диагностики и спрогнозирует дальнейшую его эксплуатацию.

Список литературы

1. Жегалин, О.И. Каталитические нейтрализаторы транспортных машин: учебное пособие/ О.И.Жегалин, Н.А.Китросский, В.И.Панчишный // Машиностроение, 1979. - 80 с.
2. Экологическая безопасность транспортных средств: учебное пособие / В.С. Морозова, В.Л. Поляцко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 54 с.
3. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: учеб.для вузов / под ред. Е. С. Кузнецова .- 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 2004. – 535 с.
4. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов и др. Под общей ред. В.М. Приходько. М.: ОАО Издательство «Машиностроение», 2004. – 704 с.
5. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник для студ. учреждений сред.проф. образования/ В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский; под ред. А.А. Юрчевского. 7 – е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 816 с.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ

Н.Н. Романюк¹, К.В. Сашко¹, В.А. Эвиев², С.М. Лакутя¹

¹*Белорусский государственный аграрный технический университет, г.Минск,
Республика Беларусь*

²*Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, г. Элиста,
Российская Федерация*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой механических устройств – муфт, ограничивающих передаваемый крутящий момент и защищающих детали машин от поломок при перегрузках. Предложена оригинальная конструкция муфты предохранительной, использование которой позволит повысить ее эксплуатационную надежность и улучшить технологичность обслуживания.

Ключевые слова: предохранительная муфта, оригинальная конструкция, крутящий момент, перегрузки, детали машин, поломка, эксплуатационная надежность.

CONSIDERING THE QUESTION OF THE DESIGN OF THE SAFETY CLUTCH

M.M. Ramaniuk¹, K.U. Sashko¹, V.A. Eviev², S.M. Lakutya¹

¹*Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus;*

²*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russian Federation*

Abstract/ The article deals with the issues related to the development of mechanical devices such as clutches, limiting the transmitted torque and protecting machine parts from damage during overloads. An original design of the safety clutch is proposed, the use of which will increase its operational reliability and improve the manufacturability of maintenance.

Keywords: *safety clutch, original design, torque, overload, machine parts, breakage, operational reliability.*

Для предотвращения поломки сложных и дорогостоящих механизмов машин и оборудования, при возникновении нештатных ситуаций, связанных с увеличением действующих на них нагрузок сверх допустимых, в привод встраиваются муфты, которые реагируют на происходящее при этом увеличение крутящего момента и прекращают передачу вращения. Такие муфты называются предохранительными и ими оснащаются практически все оборудование и машины автоматического действия, особенно работающие с высокими скоростями.

Целью данных исследований явилось повышение эксплуатационной надежности и улучшение технологичности обслуживания муфты предохранительной, используемой в устройствах для передачи крутящего момента сил от двигателя к силовой передаче, работающей преимущественно в режиме перегрузок и ударных нагрузок, в том числе и заклинивания рабочих органов силовой передачи.

Проведенный патентный поиск показал, что известна муфта предохранительная [1], содержащая наружную обойму с шлицами на внутренней поверхности и установленную в ее полости внутреннюю обойму с размещенными в ней ведущим валом, имеющим канавки, ведущим и ведомым дисками, каждый из которых снабжен возможностью смещения вдоль шлицев наружной обоймы, упругим элементом, телами качения и ведомым валом, на концах ведущего и ведомого валов внутренней обоймы размещены ведущая и ведомая зубчатые полумуфты с бочкообразным профилем и внешними зубьями, сопряженными с внутренними зубьями ведущей и ведомой гильз, установленных оппозитно друг к другу в полости наружной обоймы с возможностью вращения и смещения вдоль оси симметрии муфты посредством центрирующих поясков, упругие элементы в виде тарельчатых пружин сжатия, оппозитно установленные и взаимно сопряженные торцевыми поверхностями диски, которые размещены между ведущей гильзой и ведомой гильзой и

взаимно зафиксированы телами качений в канавках дисков и углублениях на торцах ведущей гильзы и ведомой гильзы, при этом углублениям на торцевых поверхностях гильз придана каплеобразная форма с наибольшей углубленной частью, равной половине диаметра тела качения, а канавки в дисках выполнены дуговыми и прерывистыми с переменной глубиной, плавно уменьшающейся в сторону перемещения тел качения, и в виде цилиндрических отверстий с диаметром, равным диаметру тел качения, при этом толщина каждого диска больше диаметра тела качения.

К недостаткам муфты предохранительной относятся низкая ее эксплуатационная надежность, вызванная потерей упругих свойств тарельчатых пружин в процессе работы, а также сложность обслуживания из-за необходимости ее демонтажа для привода в рабочее состояние после срабатывания.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана оригинальная конструкции муфты предохранительной [2] (рис.1: а) – диаметральный разрез муфты предохранительной при передаче номинальной величины крутящего момента; б) – сечение А-А (поперечный разрез ведущего диска с размещением тел качения в прерывистых дуговых канавках); в) – диаметральный разрез муфты предохранительной при критических нагрузках, а также при заклинивании валков прокатной клетки).

Муфта предохранительная содержит с шлицами 1 на внутренней поверхности наружную обойму 2 и установленную в ее полости внутреннюю обойму 3. Внутренняя обойма 3 образована ведущим валом 4, имеющим канавки 5 и 6 ведущим диском 7 и ведомым диском 8, упругими элементами - тарельчатыми пружинами 9 и 10, телами качений 11 и ведомым валом 12. Ведущий и ведомый диски 7 и 8 снабжены возможностью смещения вдоль шлиц 1 наружной обоймы 2. На шестигранных концах ведущего вала 4 и ведомого вала 12 внутренней обоймы 3 размещены ведущая и ведомая зубчатые полумуфты 13 и 14 с бочкообразным профилем и внешними зубьями 15. Внешние зубья 15 ведущей полумуфты 13 и ведомой полумуфты 14 сопряжены с внутренними зубьями 16 ведущей гильзы 17 и ведомой гильзы 18. Гильзы 17 и 18 установлены оппозитно друг другу в полости наружной обоймы 2 с возможностью вращения и смещения вдоль оси симметрии муфты посредством центрирующих поясков 19 и 20.

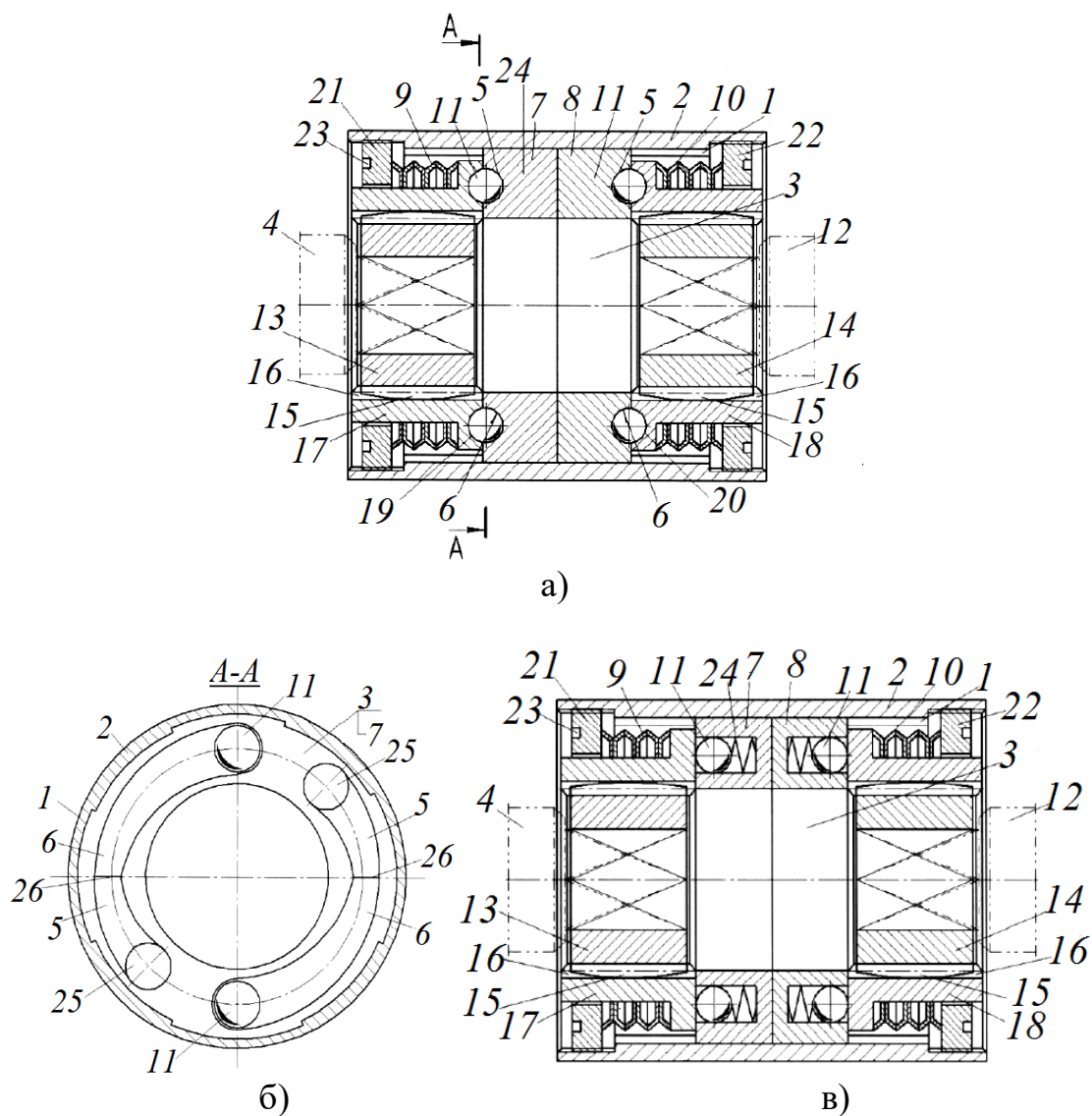


Рис.1. Муфта предохранительная

Упругие элементы 9 и 10 в виде тарельчатых пружин сжатия размещены между центрирующими поясками 19 и 20 ведущей гильзы и ведомой гильзы 18 и регулировочными втулками 21 и 22. Установленные на концевых участках в полости наружной обоймы 2 регулировочные втулки 21 и 22 имеют углубления 23, предназначенные для установки ключа во время регулировки тарельчатых пружин 9 и 10. В углублениях под телами качения 11 установлены пружины сжатия 24. Гильзы 17 и 18 имеют возможность свободного осевого перемещения.

Оппозитно установленные между гильзами и взаимно сопряженные торцевыми поверхностями ведущий диск 7 и ведомый диск 8 телами качений 11 взаимно зафиксированы в углублениях 19 и 20 на торцевых поверхностях ведущей гильзы 17 и ведомой гильзы 18 и в канавках 6 ведущего диска 7 и ведомого диска 8. Углублениям 19 и 20 на торцевых поверхностях гильз 17 и 18 придана каплеобразная форма. Наибольшая углубленная часть в каплеобразной форме углубления центрирующих поясков 19 и 20 равна половине диаметра

тела качения 11. Углубления 19 и 20 плавно переходят на торцевую поверхность гильзы 17 и 18.

В дисках 7 и 8 канавки 5 и 6 выполнены дуговыми и прерывистыми с переменной глубиной, плавно уменьшающейся в сторону перемещения тел качения 11. Канавки 5 и 6 заканчиваются отверстиями 25. Диаметр цилиндрических отверстий 25 равен диаметру тел качения 11. Толщина каждого диска 7 и 8 больше в 1,05-1,1 раза диаметра тела качения 11. Глубина канавок 5 и 6 в месте их пересечения 26 не превышает 0,1...0,2 диаметра тела качения 11.

Муфта работает следующим образом.

Мощность от двигателя в виде крутящего момента сил с заданной частотой с шестигранного концевика ведущего вала 4 передается на ведущую полумуфту 13. Внешними зубьями 15 ведущей полумуфты 13 усилие, создающее момент сил, передается на внутренние зубья 16 ведущей гильзы 17. За счет предварительно нагруженных упругих элементов 9 в виде тарельчатых пружин и упругих элементов 10 торцевыми поверхностями ведущая гильза 17 поджата к торцевой поверхности ведущего диска 7, так же как торцевая поверхность ведомой гильзы 18 за счет нагруженных тарельчатых пружин сжатия 10 прижата к торцевой поверхности ведомого диска 8 и между собой ведущий диск 7 сопряжен с торцевой поверхностью ведомого диска 8. Диски 7 и 8 занимают среднее положение на шлицах 1 в полости наружной обоймы 2.

Толкающее усилие от каждого каплеобразного углубления 19 на торцевой поверхности ведущей гильзы 17 через тела качения 11 передается в углубленную часть дуговой канавки 6 на ведущем диске 7 внутренней обоймы 3. Крутящий момент сил с ведущего диска 7 своими выступами переносится на шлицы 1 наружной обоймы 2. Угловые скорости вращений ведущего вала 4, ведущей полумуфты 13, ведущей гильзы 17, ведущего диска 7 равны угловой скорости вращения наружной обоймы 2. С наружной обоймы 2 шлицами 1 крутящий момент сил переносится на ведомый диск 8. Ведомая гильза 18 наибольшим углублением в канавке 6 телами качений 11 поворачивается вокруг оси симметрии муфты. Внутренними зубьями 16 ведомой гильзы 18 толкающее усилие передается на внешние зубья 15 ведомой полумуфты 14. Шестигранным отверстием ведомой полумуфты 14 крутящий момент сил передается на шестигранный конец ведомого вала 12, обеспечивая его вращение с заданной угловой скоростью.

Кроме передачи заданной величины крутящего момента сил от ведущего вала 4 к ведомому валу 12 ведущей и ведомой полумуфтами 13 и 14 и ведущей и ведомой гильзами 17 и 18 обеспечивается компенсация погрешностей расположения осей валов 4 и 12. Шестигранные хвостовики на концах валов 4 и 12 обеспечивают беспрепятственный съём муфты как с источника мощности, так и с конца ведомого вала 12.

При критических нагрузках, а также заклинивании валков прокатной клетки, недостаточно прогретым стальным слитком металла, ведомый вал 12 становится в неподвижном состоянии. Вместе с ведомым валом 12 в неподвижном положении становятся ведомая полумуфта 14, ведомая гильза 18,

тела качения 11 в каплевидных углублениях 20 на торцевой поверхности ведомой гильзы 18, ведомый диск 8, сопряженный углубленной частью канавки 6 с телами качений 11, и, за счет шлиц 1 по периметру ведомого диска 8, наружная обойма 2. За счет тех же шлиц 1 наружной обоймы 2 в неподвижном положении удерживается ведущий диск 7. При этом ведущий вал 4, ведущая полумуфта 13 и ведущая гильза 17 центрирующим пояском 19 поворачиваются в полости наружной обоймы 2 вокруг оси симметрии муфты, преодолевая силы трения.

Телами качений 11 при неподвижном ведущем диске 7 внутренней обоймы 3 ведущая гильза 17 поворачивается вокруг оси муфты и одновременно с этим смещается в сторону регулировочной втулки 21. Внутренние зубья 16 ведущей гильзы 17 сдвигаются вдоль наружных зубьев 15 ведущей полумуфты 13 на половину диаметра тел качений 11. При достижении места пересечения 26 канавок 6 и 5 тела качения 31 в каплеобразных углублениях 19 на торцевой поверхности ведущей гильзы 17 сначала вкатываются в канавки 5, смещаясь в сторону отверстий 25, а затем в них западают. Окончательное смещение тел качений 11 в отверстия 25 ведущего диска 7 происходит по той причине, что сжатыми упругими элементами 9 торцевая поверхность ведущей гильзы 17 смещается в сторону ведущего диска 7. При полностью утопленных в отверстия 25 ведущего диска 7 тел качений 11 ведущая гильза 17 своей торцевой поверхностью скользит по торцевой поверхности ведущего диска 7, не производя разрушающих действий.

Ведомый вал 12 останавливается. После устранения причин критических нагрузок, а также заклинивания валков прокатной клетки отворачивают регулировочную втулку 21, освобождая тарельчатые пружины 10, и при проворачивании ведомого вала 14 пружины сжатия 24 выталкивают тела качения 11 из отверстий 25 в канавки 5 и 6.

После этого, заворачивая регулировочные втулки 21 и сжимая тарельчатые пружины 9 и 10, восстанавливают требуемый крутящий момент привода. При этом не требуется демонтаж муфты предохранительной, что улучшает технологичность ее обслуживания.

Список литературы

1. Патент на изобретение Российской Федерации №2350542 С1, МПК F16D43/20, 2008.

2. Муфта предохранительная : патент 15163 С1 Респ. Беларусь, МПК F 16D 43/20 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, К.Ю. Гришан, П.А. Петрусенко, О.С. Кофтевич ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т.– № а 20090998; заявл. 06.07.2009 ; опубл. 30.12.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 6. – С.147–148.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РОТОРНОЙ КОСИЛКИ ДЛЯ СКАШИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

С.Г. Рубец

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

Аннотация. В статье представлена усовершенствованная, запатентованная конструкция режущих элементов роторной косилки, используемой на мелиорированных землях, позволяющая расширить технологические возможности косилки.

Ключевые слова: *роторная косилка, резание, мелиорированные земли, нож, растительность.*

MODERNIZATION OF ROTARY CUTTING ELEMENTS OF THE MOWER FOR MOWING VEGETATION ON RECLAIMED LAND

S.G. Rubets

Belarusian state agricultural Academy

Abstract. The article presents an improved, patented design of the cutting elements of the rotary mower used in reclaimed lands, which allows to expand the technological capabilities of the mower.

Keyword: *rotary mower, cutting, reclaimed land, knife, vegetation.*

Современное сельскохозяйственное производство предусматривает проведение разных видов работ, связанных со скашиванием разного рода трав и кустарников на сельскохозяйственных угодьях, в том числе, включающих в себя мелиорированные земли с расположенными на них мелиоративными системами, внутрихозяйственным дорогами и технологические проезды с прилегающими площадями, естественные и культурные лугопастбищные угодья.

На мелиоративных осушительных и оросительных системах важнейшей их частью, во многом определяющей эффективное функционирование всей системы, является сеть каналов.

Любая мелиоративная система работает в сложных условиях и подвержена воздействию различных факторов, влияющих на эксплуатационную надежность. По имеющимся данным [1], в результате несвоевременного проведения ремонтно-эксплуатационных работ 18,2 тыс. километров каналов (11,7 % от общего количества) заросло древесно-кустарниковой растительностью.

Скашивание травяной и древесно-кустарниковой растительности на каналах с ее удалением является одной из основных операций по уходу за гидромелиоративными системами.

Для поддержания мелиоративных каналов в работоспособном состоянии, растительность необходимо периодически скашивать в течение всего вегетационного периода. Однако, по отчетным данным ГПО «Белводхоз», скашивание производится только на 65 % каналов от их общей протяженности.

По ряду причин своевременное скашивание является наиболее действенным приемом уничтожения однолетних и предупреждения образования семян у многолетних сорняков.

Серьезную проблему для гидромелиоративных систем создает древесно-кустарниковая растительность. Растущий вдоль каналов кустарник делает невозможным доступ людей и техники для проведения работ по удалению наносов и ремонту гидротехнических сооружений и облицовки каналов. Кроме того, опавшая листва и ветки загрязняют каналы, способствуют цветению воды и увеличивают объем донных отложений. Неконтролируемо разрастаясь, древесно-кустарниковая растительность разрушает облицовку каналов, а произрастая на откосах каналов в земляном русле, снижает их пропускную способность.

Операция скашивания растительности на каналах выполняется в настоящее время разнообразными машинами как зарубежных, так и отечественных производителей. Широкое распространение получили роторные косилки с шарнирно закреплёнными ножами. Однако это, зачастую, косилки сельскохозяйственного назначения, конструкции которых в должной мере не учитывают особенностей работы на мелиоративных объектах.

Анализ существующих технологий и технических средств, применяющихся при скашивании травяной и древесно-кустарниковой растительности на лугопастбищных угодьях, придорожных территориях и мелиоративных каналах, показывает, что эффективность и производительность этих работ существенно отстают от современных требований производства. В некоторых случаях до сих пор используют малопродуктивный ручной труд. В настоящее время необходимы более совершенные технологии и новые ресурсосберегающие и высокоэффективные машины, способные повысить производительность и качество выполняемых работ.

Элементом режущего аппарата, непосредственно осуществляющим его главную функцию – скашивание растений, является нож. Наиболее распространены ножи прямоугольной формы, представляющие собой вытянутую стальную пластину с отверстием для болта на одном из ее концов и имеющие параллельно расположенные заостренные боковые режущие кромки, шарнирно крепящиеся к ротору.

Недостатком ножа такой конструкции является то, что при скашивании грубой растительности, например, мелкого кустарника и бурьяна нож из-за недостаточной его кинетической энергии не в состоянии их срезать, а при скашивании трав, наоборот, из-за слишком сильного воздействия на них, что происходит при резании без скольжения режущей кромки по стеблю, происходит повреждение корневой системы трав. Этот недостаток сужает технологические возможности ножа в отношении возможности его использования для скашивания разнообразной по своим размерам и прочностным свойствам растительности, произрастающей на мелиорированных землях.

Для устранения этого недостатка нами предложена конструкция режущего элемента (рис. 1) [2], выполненного в форме равнобедренной

трапеции, имеющей отверстие 1 у меньшего основания 2 трапеции и отверстие 3 у большего основания 4 трапеции и боковые режущие кромки 5.

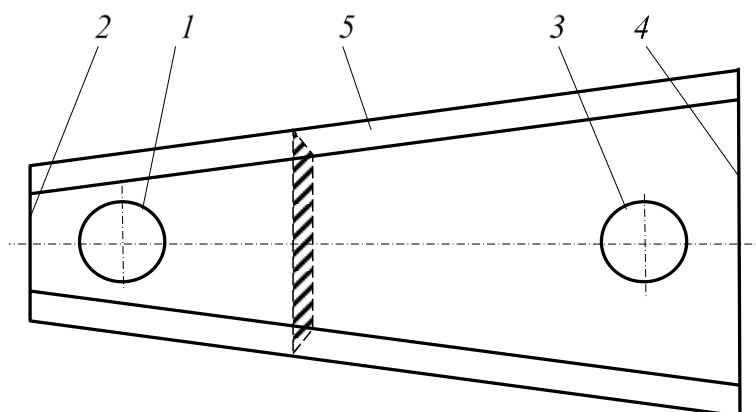


Рис. 1. Конструкция предлагаемого режущего элемента:

1 – отверстие возле меньшего основания; 2 – меньшее основание;
3 – отверстие возле большего основания; 4 – большее основание;
5 – режущие кромки

Предлагаемая конструкция работает следующим образом.

При необходимости скашивания грубой растительности, например, мелкого кустарника и бурьяна, нож присоединяется к ротору посредством болта, вставляемого в отверстие 1 у меньшего основания 2 трапеции. Шарнирно прикрепленный к ротору и вращающийся вместе с ним нож, встречая растительность, срезает её режущей кромкой 5 более широкой и более тяжелой широкой части ножа.

При необходимости скашивания тонкостебельной растительности, например, сеяных трав, нож присоединяется к ротору посредством болта, вставляемого в отверстие 3 у большего основания 4 трапеции. Шарнирно прикрепленный к ротору и вращающийся вместе с ним нож, встречая растительность, срезает её режущей кромкой 5 узкой и менее тяжелой части ножа. При повышенном сопротивлении срезанию растительности нож отклоняется от радиального положения назад по ходу вращения. При этом работающая режущая кромка начинает выполнять резание со скольжением, снижая за счет этого силу воздействия на растительность и уменьшая повреждение ее корневой системы.

Применение ножа предложенной конструкции позволяет расширить технологические возможности ножа за счет обеспечения возможности срезания растительности с большим диапазоном размеров и прочностных свойств.

Список литературы

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196).

2. Режущий аппарат: пат. 13909 Респ. Беларусь, МПК А01D 34/73 / Е. И. Мажугин, С. Г. Рубец, М. В. Лёвкин; заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № и 20081130; заявл. 02.09.08; опубл. 30.12.10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6 – С. 47.

ОБЗОР ОРГАНИЗАЦИИ БИЛЕТОВ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ

А.А. Руденко

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Оренбургский государственный университет»*

Аннотация. Статья посвящена вопросам развития мультимодальных перевозок, развитию взаимодействия автомобильного, воздушного и железного транспорта регионального и местного значения, повышению качества обслуживания пассажиров в пунктах пересадки и комфортной поездке в транспорте, упрощению оформления перевозки. С применением мультимодальных перевозок в Оренбургской области появится возможность снижения времени ожидания транспортного средства в пунктах пересадки пассажиров, подобрать каждому клиенту оптимальный маршрут.

Ключевые слова: *автомобильный транспорт, воздушный транспорт, железнодорожный транспорт, пассажирские перевозки, мультимодальные перевозки, критерии качества пассажирских перевозок, пассажир.*

OVERVIEW OF ORGANIZATION OF TICKETS FOR INTERMODAL TRANSPORT OF PASSENGERS

A.A. Rudenko

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Orenburg State University"*

Abstract. The article is devoted to the issues of multimodal transport development, development of interaction between automobile, air and rail transport of regional and local importance, improving the quality of passenger service at the transfer points and comfortable traveling in transport, simplifying the transportation. With the use of multimodal transport in the Orenburg region, there will be an opportunity to reduce the waiting time of the vehicle at the points of transfer of passengers, to select an optimal route for each client.

Keywords: *road transport, air transport, railway transport, passenger transportation, multimodal transport, passenger transport quality criteria, passenger.*

С давних времён считалось, что использование достижений логистики на транспорте является залогом повышения эффективности всего транспортного комплекса.

Сегодня как никогда стали актуальны задачи совершенствование пассажирских перевозок, не только на внутренних линиях. В настоящее время сохраняется сложная ситуация по железнодорожным пассажирским перевозкам, в том числе и в Оренбургской области, в связи с повышением цен, частыми задержками, отменами электропоездов, железнодорожный транспорт теряет свои лидирующие позиции. А больше всего от этого теряет пассажир. В связи со сложившейся конкуренцией различных видов транспорта требуется

комплексный подход. Спасательным «кругом» в сложившейся ситуации, важным шагом в интеграции железнодорожного транспорта в национальную транспортную систему могут стать именно мультимодальные перевозки.

Мультимодальные перевозки – это перевозка грузов (пассажигов) двумя или более видами транспорта.

Перевозка пассажиров осуществляется всеми видами транспорта: водным, воздушным, железнодорожным и автомобильным.

Проанализируем каждый вид транспорта в отдельности.

Ведущим видом транспорта, в том числе и пассажирским, является, все-таки, железнодорожный транспорт (96,6% пассажиров выбирают ж/д транспорт, ежегодно перевозиться более 551 тыс. пассажиров–в дальнем сообщении. Но в связи с возрастающим тарифами пассажирские перевозки железнодорожным транспортом теряют приоритет у населения. Автомобильный транспорт является одним из важнейших элементов транспортного хозяйства. Перевозки пассажиров и грузов в крае осуществляют свыше 1250 предприятий различных форм собственности и индивидуальных предпринимателей. В перевозочном процессе задействовано около 8000 единиц подвижного состава. В области действует 59 межмуниципальных маршрутов, 6 межрегиональных маршрута [1].

Свыше 141000 пассажиров перевозиться автомобильным транспортом.

Согласно аналитическим исследованиям ОАО «РЖД» в Оренбургской области с пересадками: железнодорожный–воздушный 11%, железнодорожны–авто 36% пассажиров.

В настоящее время транспортные компании края работают обособленно и увязки между рейсами нет, это часто вызывает дискомфорт пассажиров и определенного приоритета в выборе транспорта не существует.

Возможности выбора видов транспорта в условиях современного мира должны быть ориентированы на клиента, именно это позволит заинтересовать пассажира в транспортной услуге, в том числе железнодорожным транспортом. При организации мультимодальных перевозок должны учитываться критерии качества, предъявляемые к пассажирским перевозкам. Ведь именно качество в настоящее время особенно важно.

Качество транспортного обслуживания пассажиров зависит от организации транспортного процесса, конструктивных особенностей и технического состояния используемых подвижного состава и транспортных путей, а также комфортного обслуживания. С целью удовлетворения интересов пассажиров существуют критерии качества транспортного обслуживания, которые учитываются всеми участниками транспортного процесса (перевозчиками, пассажирами и др.). Критерии качества приведены в табл.1.

В настоящее время качество транспортного обслуживания пассажиров находится на неудовлетворительном уровне. Доля перевозок пассажиров с полным соблюдением требований к их качеству в среднем не превышает 25%. Недостатки качества транспортного обслуживания пассажиров определяются не только нехваткой необходимых финансовых ресурсов. Они имеют системный характер, поскольку традиционные цели и критерии оценки

эффективности, организация управления пассажирскими перевозками исходят из достижения лишь количественных конечных результатов.

Таблица 1

Критерии качества транспортного обслуживания при организации мультимодальной перевозки

Критерии качества	Преимущества
Стоимость поездки	Не должна превышать суммарную стоимость проезда в каждом из видов транспорта
Минимальное время ожидания транспортных средств в пунктах пересадки	Сокращение общей продолжительности поездки пассажира за счет сокращения времени нахождения его в пунктах пересадки
Надежность	Для пассажиров выражается в уверенности совершить поездку в нужное время с нужной скоростью
Адресность назначаемых маршрутов следования и оказываемых услуг	Адресный график движения позволяет гибко отменять и назначить нитки пассажирских поездов дальнего следования и рейсы автомобильного транспорта в зависимости от меняющегося режима труда и отдыха выделенных сегментов по отдельным периодам времени и сезонам года
Удобное время прибытия и отправления видов транспорта по начально-конечным пунктам (станциям) участка и по станциям с большим объемом посадки-высадки пассажиров.	Это актуально при пересадке пассажира на другой вид транспорта
Соблюдение сквозного уровня качества обслуживания	В зависимости от уровня доходов пассажиров и их потребностей для каждого сегмента пассажиропотока должен быть разработан определенный набор дополнительных услуг

Проведя экспертную оценку важности внедрения мультимодальных перевозок можно убедиться в том, что комплексность видов транспорта необходима (в табл. 1 приведены вопросы для экспертной оценки). В качестве экспертов были опрошены: 10 студентов, 10 работников соответствующих инфраструктур (авиатранспорт, железнодорожный транспорт, автотранспорт), 10 жителей города.

Результаты оценки сведены в виде диаграммы на рис.1. Вопросы задаваемые в ходе опроса экспертов представлены в табл.2.

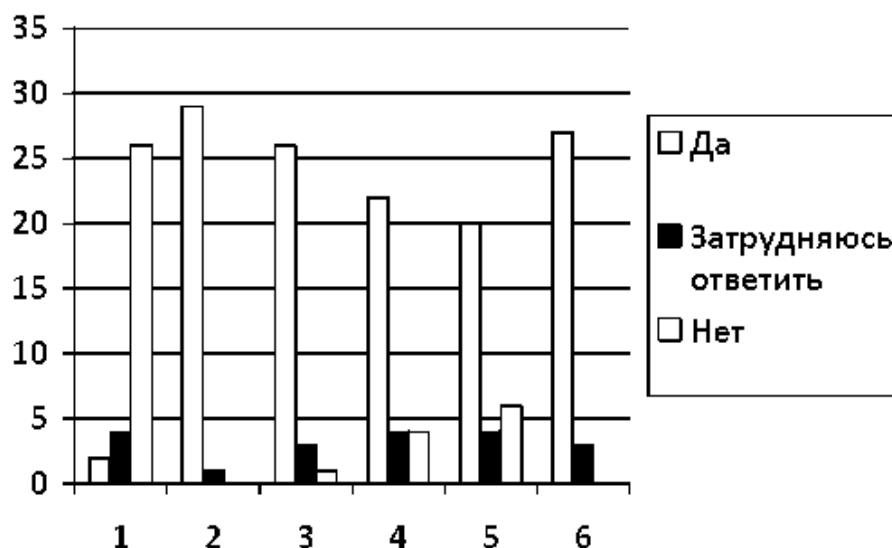


Рис. 1. Диаграмма экспертной оценки критериев качества

Таблица 2

Анкета востребованности мультимодальных перевозок

№	Критерий оценки
1	Стоимость (Увеличиться ли стоимость перевозки?)
2	Минимальное время ожидания транспорта в пункте пересадки (Сократиться ли время пересадки?)
3	Надежность (Возможно ли совершить поездку в нужное время?)
4	Соблюдение сквозного уровня качества обслуживания (Есть ли возможность выбрать вид транспорта, соответствующий уровню дохода?)
5	Комфорт (Возрастет ли уровень комфорта при мультимодальных перевозках?)
6	Сервис продажи билетов (Возрастет ли простота оформления билетов на разные виды транспорта с помощью одного ПО?)

Транспортные коммуникации объединяют все районы страны, что является необходимым условием ее территориальной целостности, единства ее экономического пространства. Они связывают страну с мировым сообществом, являясь материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и работа видов транспорта во взаимодействии, продвинет транспортную инфраструктуру на новый уровень [2].

Современная транспортная инфраструктура не может объективно существовать без логистического обеспечения. С учетом выгодного транспортно-географического положения области, значительного вклада транспортной системы края в обеспечение перевозок по региональному, международному транспортному коридору, активного освоения природных ресурсов и создания производственных мощностей по их переработке, развитию железнодорожной сети, пассажирских перевозок в транспортной системе области.

При осуществлении перевозок особенно на дальние расстояния длительность пересадки пассажиров чаще всего, оказывается больше, чем длительность самой поездки в связи с тем, что пассажир находится в ожидании

транспортного средства следующего вида транспорта. Для привлечения большего числа пассажиров (в том числе на железнодорожный транспорт), повышения качества их транспортного обслуживания и эффективности использования транспортных средств, а также снижения стоимости поездки, необходимо согласовывать графики работы различных видов транспорта.

В настоящее время основными задачи в транспортной отрасли:

- реализация долгосрочной программы по развитию и взаимодействию различных видов транспорта;
- обеспечение доступности все видов транспорта (воздушного, железнодорожного, автомобильного, водного) на основе поддержки социально значимых пассажирских перевозках;
- развитие мультимодальных перевозок (взаимодействия видов транспорта) в зависимости от значимого в районе транспорта;
- оборудование вокзалов повышенной комфортности;
- разработка программного обеспечения для взаимодействия.

Решение поставленных задач позволит увеличить транспортную доступность всех участков и отдаленных уголков области, организовать круглогодичное сообщение и надежную работу всех видов транспорта, что станет «ключом» к решению большого числа социальных и экономических проблем региона [3].

В современном мире время для каждого человека имеет огромное значение, каждая минута обладает ценностью. Внедрение мультимодальных перевозок именно в пассажирском движении изменит отношение к транспорту в целом, это позволит: подобрать каждому пассажиру оптимальное сочетание видов транспорта (цены и качества), нести ответственность за невыполнение стадий мультимодальной перевозки, контролировать весь процесс перевозки и оповещать о дальнейших перемещениях.

Оперативное обслуживание и индивидуальный подход не оставят ни одного пассажира безразличными, а цены, качество обслуживания будут постоянно совершенствоваться и удивлять.

Список литературы

1. Вакуленко, С.П. Интермодальные перевозки в пассажирском сообщении с участием железнодорожного транспорта: учеб.пособие / С.П. Вакуленко и др.; под ред. С.П. Вакуленко. – Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. –263 с.
2. Микрюкова Г. А. Договор перевозки пассажира в советском гражданском праве: Автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Свердловск, 1986. – 4 с.
3. Российские железные дороги [Электронный ресурс] URL: <http://www.rzd.ru/> - Режим доступа: 16.12.2017 г.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Р.Н. Сафиуллин, Р.Р. Сафиуллин, Е.В. Морозов

*Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет
Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований
материально-технического обеспечения ВС РФ)*

Аннотация. Обоснованы перспективные направления формирования контрольных функций при движении транспортных средств на основе использования систем автоматического контроля. Представлена модель развития многоцелевых систем автоматического контроля движения транспортных средств. Определена характеристика этапов жизненного цикла систем автоматической фотовидеофиксации административных правонарушений в дорожном движении с учетом особенностей их эксплуатации.

Ключевые слова: *автоматические системы контроля, эффективность, методология, вероятностный подход, системный анализ, жизненный цикл, транспортные средства.*

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF MULTI- PURPOSE INFORMATION AND TELECOMMUNICATION COMPLEXES OF AUTOMATED CONTROL FOR VEHICLE

R.N. Safiullin, R.R. Safiullin, E.V. Morozov

*St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering
Research Institute (military-system studies of material and technical support
of the RF Armed Forces)*

Annotation. The perspective directions of the formation of control functions during the movement of vehicles based on the use of automatic control systems are substantiated. The model of development of multi-purpose systems for the automatic control of the movement of vehicles is presented. The characteristics of the stages of the life cycle of systems for the automatic photo-video recording of administrative offenses in traffic, taking into account the features of their operation, are determined.

Keywords: *automatic control systems, efficiency, methodology, probabilistic approach, system analysis, life cycle, vehicles.*

Процесс создания и применения автоматических информационно-телекоммуникационных систем контроля движения транспортных средств неизбежно связан с проблемой оценки их эффективности. При этом возникает целый ряд сложных вопросов, обусловленных спецификой задач, для решения которых этот объект предназначен. Например, обеспечение безопасности дорожного движения, которая является сложной проблемой, решаемой на государственном уровне.

Одним из критериев перехода на новый уровень в развитии транспортных средств является повсеместное внедрение непрерывного мониторинга функционирования машин и условий их эксплуатации. Наиболее

перспективным направлением научных исследований в рассматриваемой предметной области является разработка интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Такие системы обеспечивают возможность интеллектуального взаимодействия с единичными транспортными средствами либо с транспортным потоком посредством информационных и телекоммуникационных технологий с целью повышения эффективности использования наземного транспорта и повышения безопасности дорожного движения [1].

Практика постановки научно-технических задач и принятия управленческих решений в исследуемой предметной области свидетельствует о необходимости учёта иерархичности структуры дорожно-транспортных систем и реализуемых в них технологий, изменчивости во времени характеристик улично-дорожной сети, технических параметров парка транспортных средств и, как правило, вероятностной природы условий их функционирования [1, 2].

В соответствии с системной методологией комплексы фотовидеофиксации целесообразно представить как пересечения следующих систем:

- технологической структуры (инфраструктурного объекта);
- технологической системы изготовления (сборки);
- системы «инфраструктурный объект – операторы»;
- системы технической эксплуатации и ремонта;
- системы «инфраструктурный объект – окружающая природная среда»;
- системы «инфраструктурный объект – транспортное средство».

Для оценки эффективности функционирования комплексов фотовидеофиксации административных правонарушений в дорожно-транспортной сфере при их взаимодействии с объектами i -й системы целесообразно использовать критерий [14].

$$K_{\text{э}i} = \frac{\{\mathcal{E}(+)_{ij}\} \{H_{\text{э}ij}\}}{\{z_{cij}\} \{\mathcal{E}(-)_{ij}\}} \quad (1)$$

где $\{\mathcal{E}(+)\}$, $\{\mathcal{E}(-)\}$ - совокупность соответственно положительных и отрицательных эффектов от функционирования комплекса на рассмотренном этапе. С системной точки зрения положительный эффект $\{\mathcal{E}(+)\}$ характеризуется повышением уровня безопасности дорожного движения, а отрицательный – снижением уровня безопасности дорожного движения и, соответственно, увеличением дорожно-транспортной аварийности со всеми вытекающими последствиями; z_c - совокупность затрат системы на функционирование комплекса и поддержание его в технически исправном состоянии, приведенная к форме экономического показателя; $H_{\text{э}i}$ - совокупность видов энтропии системы, нейтрализуемой САФ, т.е. снижение уровня дорожно-транспортной аварийности, приведенной к форме экономического показателя.

В подобных задачах под энтропией подразумевается процесс расходования энергии, например, затраты живого труда, амортизация техники и т.д. информации (в нашем случае – это ущерб, связанный с дорожно-транспортным происшествием).

В приведенных выше системах критерии 1...4 соответствуют сравнительным показателям качества функционирования рассматриваемой САФ в дорожно-транспортной сфере. Остальные критерии (4 и 5) носят регламентный характер в качестве соответственно показателей экологической (5) и эстетической (6) целесообразности.

Задача оценки эффективности функционирования САФ является многокритериальной. Для ее решения очень часто используется методика, предусматривающая ранжирование всех представленных критериев. В рассматриваемой постановке важность каждой оптимизационной задачи должна определяться по степени ее влияния на общество (повешением уровня безопасности дорожного движения) и оцениваться объективным показателем – рангом влияния j -го частного направления оптимизации относительно наиболее приоритетного варианта (C_1) - R_{Sj}/C_1 .

Тогда эффективность использования ресурса оптимизации (не хуже, чем принято) и эстетической (соответствие комплексов действующим нормам) целесообразности можно оценить зависимостью:

$$f_{01t,\Sigma} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n_{TK}} \left[K_{\text{эф}i} C_1 \rightarrow \left\{ 1 - \sum_{j=2}^4 R_{SC_j} / C_1 \right\} (\max C_1) \right] \\ K_{\text{эф}C_2} \rightarrow R_{SC_2} / C_1 \cdot R_{\alpha C_2} (\max C_2) \\ \sum_{i=1}^{n_{on}} \left[K_{\text{эф}i} C_3 \rightarrow R_{SC_3} / C_1 \cdot R_{\alpha C_3} (\max C_3) \right] \\ K_{\text{эф}C_4} \rightarrow R_{SC_4} / C_1 \cdot R_{\alpha C_4} (\max C_4) \end{array} \right\} \quad (2)$$

Здесь n_{TK} , n_{on} - соответственно число каналов связи с функциональными объектами и операторами; $R_{\alpha C_i}$ - показатель, характеризующий эффективность пользования оптимизационного ресурса в i -м направлении.

В качестве оптимизационных ресурсов рассматриваются различные схематические решения, предусматривающие использование передвижных и стационарных комплексов фотовидеофиксации, выбор места дислокации и т.п.

Ранг социального влияния i -го направления (уровень снижения аварийности) оптимизации определяется следующей зависимостью:

$$R_{SC_i} = \frac{N_{SC_i} \cdot \eta_{SC_i}}{N_{SC_1} \cdot \eta_{SC_1}} \quad (3)$$

Здесь N_{SC_i} - численность социальной группы, подверженной влиянию уровня эффективности i -го функционирования САФ; η_{SC_i} - удельная доля воздействия на интересы члена социальной группы уровня эффективности i -го функционирования системы САФ:

$$\eta_{SC_i} = \frac{V_{\Delta K_{\text{эф}C_i}}^j}{\sum V^j} \quad (4)$$

где j - определяющий фактор воздействия (экономический, социальный и

т.д.); ΣV^j - совокупность воздействий по снижению ДТП при реализации j-х мероприятий (например, за год).

Указанные воздействия реализуются через экономические показатели:

$V_{\Delta K_{эфC_i}}^j$ - объем воздействий, зависящий от уровня эффективности

функционирования системы САФ; N_{SC_1} - численность социальной группы; η_{SC_1} - удельная доля воздействия технологического воздействия направления оптимизации, для которого $R_{SC_1} = 1$. Удельная доля определяется экспертным опросом специалистов.

В данном исследовании с позиции системного подхода сформирована модель влияния факторов на функционирование системы автоматической фиксации нарушений ПДД (рис.1), на входе которой действует вектор-функция контролируемых параметров (\bar{x}). К этой группе факторов отнесены геометрические характеристики участков улично-дорожной сети и характеристики транспортных потоков. Другая совокупность входов, представленная вектор-функцией (\bar{E}), включает факторы, учитывающие технико-эксплуатационные характеристики объектов на УДС и данные по нарушениям ПДД участниками дорожного движения. Вектор-функция неуправляемых параметров (\bar{B}) интерпретируется как аддитивная помеха вероятностной природы. К числу таких параметров относятся дорожные условия, профессиональные навыки водителей и т.п.

Аналитические зависимости между отдельными системообразующими факторами, а также технические, технологические и пространственно-временные ограничения, учитываемые при функционировании системы «водитель-автомобиль-дорога», представлены в работах авторов.

Причинно-следственная связь между указанными системообразующими признаками моделируется следующим соотношением:

$Q = A[x, B, E]$, где Q – критерий оценки функционирования САФ.

Анализ статистических данных подтверждает, что резервы совершенствования механизма обеспечения БДД действующей практикой далеко не исчерпаны [2].

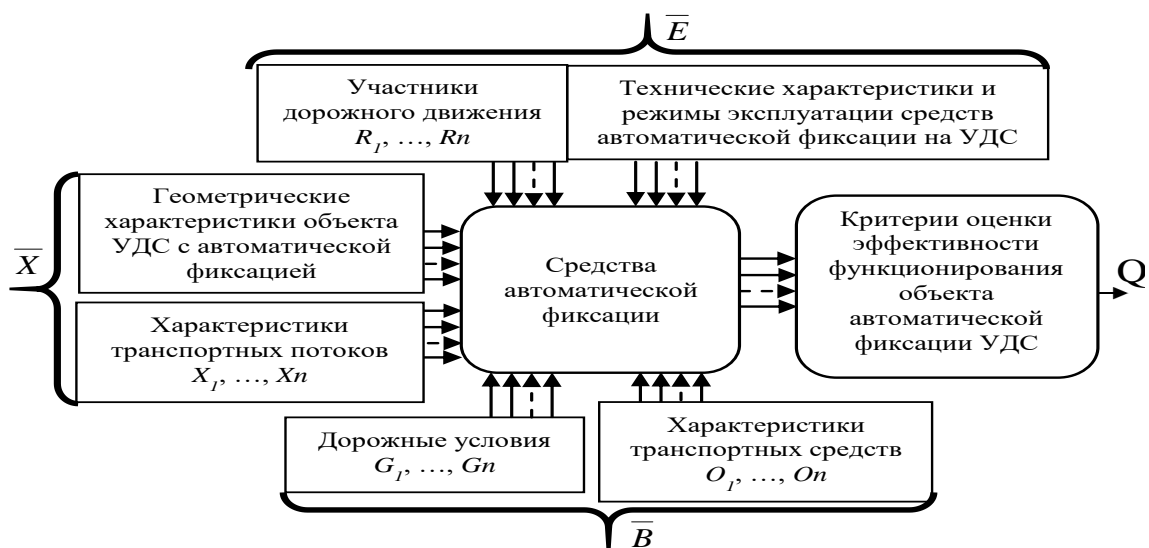


Рис.1. Модель влияния факторов на функционирование САФ нарушений ПДД

Для оценки влияния различных факторов на количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в отдельных регионах РФ был выполнен множественный регрессионный анализ. В качестве факторов приняты:

- удельный показатель, характеризующий отношение количества ТС на число вынесенных постановлений об административных правонарушениях (x_1), ТС/ед;
- сумма оплаченных штрафов* 10^5 (x_2), руб;
- количество стационарных САФ (x_3), шт;
- количество носимых САФ (x_4), шт;
- количество передвижных САФ (x_5), шт;
- количество мобильных САФ (x_6), шт;
- наличие знака о действии САФ (x_7), шт;
- плотность населения в регионе (x_8), чел/км²;
- плотность транспорта в регионе (x_9), шт/км²;
- протяженность автомобильных дорог (x_{10}), км;
- население региона* 10^6 (x_{11}), чел;
- территория региона (x_{12}), км²;
- количество ТС в регионе (x_{13}), ед.

В таблице 1 представлены статистические характеристики полученной зависимости: коэффициенты уравнения, оценки их достоверности по t -критерию, анализ степени влияния факторов на зависимую переменную (т.е. коэффициенты множественной детерминации).

Все коэффициенты являются статистически значимыми и на 94,4% описывают влияние на зависимую переменную.

Таблица 1

Статистические характеристики полученной математической модели

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	1326,05	698,759	1,89772	0,1540
x_8	-1,09546	0,528357	-2,07333	0,1298
x_9	10,5527	3,81843	2,76361	0,0699
x_{11}	1033,04	172,974	5,97221	0,0094

Математическая модель определена в виде:

$$y = 1326,05 - 1,09546 * x_8 + 10,5527 * x_9 + 1033,04 * x_{11}$$

По степени влияния факторы имеют следующую иерархию: x_8 , x_{11} , x_9 . Влияние на ДТП факторов x_1 , x_2 , x_3 и x_8 моделируется зависимостью:

$$y = 2379,24 + 1543,63 * x_1 - 3,9134 * x_2 + 9,4035 * x_3 + 1,0307 * x_8$$

Полученные математические зависимости показывают связь между количеством дорожно-транспортных происшествий и различными факторами x_1, x_2, \dots, x_n . Указанные факторы затрагивают управленческие, технологические и методологические аспекты проблемы повышения БДД. Анализ полученной модели показывает, что основной вклад в аварийность вносит количество зарегистрированных транспортных средств (ТС) в конкретном регионе - x_1 . Этот фактор учитывается в модели через нормативный показатель - количество принадлежащих ТС на одно устройство фотовидеофиксации (ФВФ). Разработаны рекомендации по обеспеченности региона средствами автоматической фотовидеофиксации, которая составляет один комплекс на 6,5 тысяч зарегистрированных транспортных средств [4-5].

Функционирование системы автоматической фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения охватывает несколько этапов, совокупность которых называется ее жизненным циклом. На каждом этапе жизненного цикла системы возникает определенный набор задач, методов их решения и комплекс технических решений. При этом для каждого этапа исходными являются схмотехнические решения, принятые на предыдущем этапе.

Разработанный график жизненного цикла функционирования средств автоматической фотовидеофиксации (рис.2) включает четыре этапа [5].

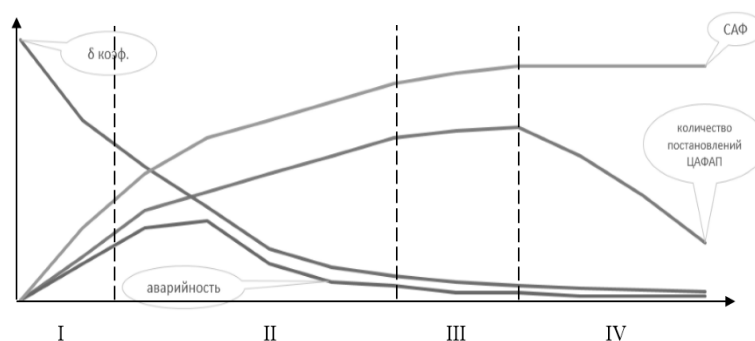


Рис.2. График жизненного цикла функционирования САФ

I этап – «Локальное влияние на аварийность», на котором происходит увеличение количества комплексов фотовидеофиксации и отладка их работы. На данном этапе наблюдается заметный рост выявленных административных правонарушений в дорожно-транспортной сфере.

II этап – «Начало системного влияния на аварийность», где САФ выходят на стабильный уровень функционирования. Количество комплексов постоянно увеличивается, выбор места установки осуществляется на основе очагового анализа ДТП. Выявляемость нарушений правил дорожного движения растет. Начинается влияние на аварийность на участках улично-дорожной сети, оснащенных САФ.

III этап – «Период роста системного влияния САФ на аварийность». На этом этапе после определенного роста начинается постепенное снижение числа выявляемых административных правонарушений, так как возрастает уровень информированности водителей о повсеместном контроле за движением транспортных средств. Как следствие, происходит снижение аварийности.

IV этап – «Период стабильной работы системы фотовидеофиксации», при котором происходит стабилизация всех показателей функционирования САФ. Их количество на рассматриваемом участке УДС достигает оптимального значения и дальнейшее наращивание количества комплексов фотовидеофиксации нецелесообразно [3]. Соответственно должны измениться задачи и цели их применения, а также функциональные возможности этих комплексов. В этой связи огромное значение имеет дальнейшее развитие взаимодействия САФ с интеллектуальными бортовыми системами транспортных средств.

Для улучшения информационного обмена между интеллектуальными бортовыми системами ТС и средствами автоматической фотовидеофиксации были разработаны рекомендации по её развитию (рис. 3, табл.2).

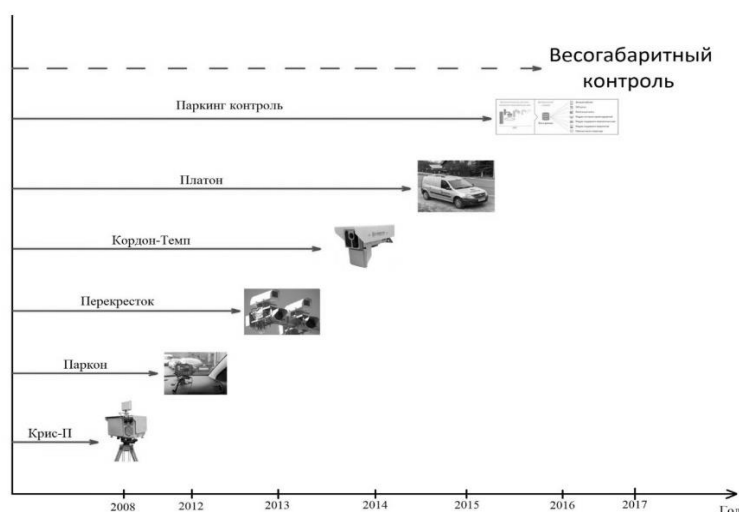


Рис. 3. Развитие средств автоматической фотовидеофиксации на территории Российской Федерации

В таблице 2 приведены существующие и перспективные функциональные приложения средств автоматической фотовидеофиксации, действующих на территории РФ.

Таблица 2

Существующие и перспективные функциональные приложения средств автоматической фотовидеофиксации

Функции средств автоматической	Функции средств автоматической
F ₅	F ₁
F ₅	F ₂
	F ₃
	F ₄
	F ₆
	F _n

На основании анализа данных функций предложена схема развития многоцелевых систем автоматического контроля движения ТС, которая может быть представлена в виде следующей формализации [7]:

$$W_1 = f(F_3, F_3) \rightarrow W = f(F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_5, F_6, \dots, F_n) \quad (5)$$

где W_1 – функция от параметров, действующих на данный момент; W – функция от тех параметров, к которым нужно стремиться (перспективные).

На основании проведенного исследования определены методологические аспекты по совершенствованию функциональных возможностей автоматических информационно-телекоммуникационных систем контроля движения транспортных средств. Для оценки эффективности САФ при реализации административных процедур по контролю за дорожным движением с целью повышения БДД была разработана математическая модель. Определён жизненный цикл функционирования САФ. Указанная система позволит определить модель развития многоцелевых комплексов автоматизированного контроля за движением транспортных средств для обеспечения эффективности использования наземного транспорта за счет расширения функциональных возможностей САФ.

Список литературы

1. Сафиуллин, Р.Н. Средства фотовидеофиксации нарушений ПДД: нормативное регулирование и практика применения: монография / Р.Н. Сафиуллин, М.А. Керимов. – Москва: Директ-Медиа, 2016. – 355 с.
2. Эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Р.Н. Сафиуллин, А.Г. Башкардин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 245 с. - Серия: Университеты России.
3. Перспективы развития RFID-технологии: возможности и угрозы [Электронный ресурс] / «Склад и техника», 2015 – Режим доступа: <https://sitmag.ru/article/9700-perspektivy-razvitiya-rfid-tehnologii-vozmojnosti-i-ugrozy>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус.

4. Сафиуллин, Р.Н. Интеллектуальные бортовые транспортные системы на автомобильном транспорте: монография / Р.Н. Сафиуллин. - М.-Берлин: Директ-Медиа, 2017. –С.354.

5. ISO/IEC TR 24710:2005 Information technology -- Radio frequency identification for item management -- Elementary tag licence plate functionality for ISO/IEC 18000 air interface definition

6. Вишнеvский, В.М., Анализ и исследование методов проектирования автоматизированных систем безопасности на автодорогах с использованием новых широкополосных беспроводных средств и RFID-технологий // Технологии информационного общества. 2012/ Т_Comm, №7, 2012. – С. 48-54.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ГОРЕНИЯ ЗАРЯДА ВО ФРОНТЕ ПЛАМЕНИ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ

П.К. Сеначин^{1, 2}, А.А. Брютов¹, А.П. Сеначин¹

¹ *Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова*

² *Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН*

Аннотация. Предлагается методика моделирования турбулентного горения заряда в газовом двигателе с искровым зажиганием. Методика основана на концепции фронтального горения горючей смеси в сферических сечениях камеры сгорания и цилиндра двигателя. Турбулентные характеристики пламени моделируются эмпирическим уравнением, полученным на основе экспериментальных исследований газовых двигателей.

Ключевые слова: *газовый двигатель, численное моделирование, турбулентное горение, сферические сечения, скорость пламени.*

MODELING TURBULENT COMBUSTION OF THE CHARGE IN THE FLAME FRONT THE GAS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH SPARK IGNITION

P.K. Senachin^{1, 2}, A.A. Brutov¹, A.P. Senachin¹

¹ *Polzunov Altai State Technical University*

² *Kutateladze Institute of Thermophysic SB RAS*

Abstract. A method of modeling turbulent charge combustion in a gas engine with spark ignition is proposed. The technique is based on the concept of frontal combustion of the fuel mixture in the spherical sections of the combustion chamber and the engine cylinder. The turbulent characteristics of the flame are modeled by an empirical equation obtained on the basis of experimental studies of gas engines.

Keywords: *gas engine, numerical simulation, turbulent combustion, spherical sections, the speed of the flame.*

В газовом двигателе внутреннего сгорания (ДВС) реализуется процесс фронтального горения турбулизированного заряда (смеси заданного состава горючего газа с воздухом) в сферических сечениях цилиндра и камеры сгорания заданной геометрии, с точкой зажигания на оси цилиндра у стенки

крышки цилиндра (рис. 1). При этом объемы продуктов сгорания $V_b = V - V_u$ и площади поверхности для сферического пламени F_f определяются объемными и поверхностными интегралами (здесь V_u, V - текущий объем свежей смеси и рабочий объем цилиндра и камеры сгорания для аксиального кривошипно-шатунного механизма) [1].

Предполагается, что реальная поверхность фронта пламени отличается от идеального сферического пламени (в предположении мелкомасштабной турбулентности) лишь искривлением поверхности сферического пламени путем условного наложения на нее по всей поверхности конусообразных микрообъемов продуктов сгорания таким образом, что эквивалентный радиус фронта сферического пламени r_f (определяющий объем продуктов сгорания V_b) проходит через середины образующих конусообразных микрообъемов. В результате поверхность турбулентного пламени F_{turb} превышает поверхность фронта ламинарного сферического пламени F_f в определенное число раз

$$F_{\text{turb}}/F_f = k_F, \quad (1)$$

где k_F - коэффициент площади турбулентного пламени.

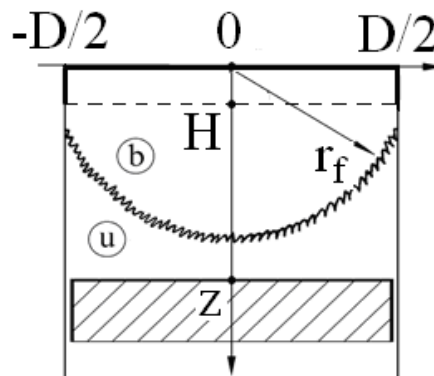


Рис. 1. Сферический фронт пламени в газовом ДВС (показан один цилиндр)

При этом процесс сгорания происходит на поверхности турбулентного пламени с известной из теории горения нормальной скоростью пламени (в направлении нормали к его поверхности)

$$S_u = S_{u1} (p/p_1)^n (T_u/T_{u1})^m \cong S_{u1} (p/p_1)^{n+m(1-1/\gamma)} = S_{u1} (p/p_1)^\varepsilon, \quad (2)$$

где S_{u1}, p_1, T_{u1} - нормальная скорость пламени, давление в цилиндре и температура свежей смеси в момент искрового зажигания; ε - термобарический показатель степени.

Согласно установившимся представлениям о турбулентном режиме горения (в предположении мелкомасштабной турбулентности), объемная скорость горения смеси W_f определяется тождественным равенством

$$W_f = F_{\text{turb}} S_u \equiv F_f S_{\text{turb}}, \quad (3)$$

где S_{turb} - эффективная скорость турбулентного пламени.

Эффективная скорость турбулентного пламени S_{turb} есть векторная сумма нормальной скорости пламени S_u и скорости турбулентных пульсаций (пульсационной скорости пламени) U_{turb} , причем эти векторы разнонаправлены. Вектор нормальной скорости пламени S_u направлен по нормали к локальной поверхности турбулентного пламени, а результирующее направление вектора пульсационной скорости пламени U_{turb} можно полагать совпадающим с направлением радиуса r_f фронта сферического пламени. Поэтому модуль эффективной скорости турбулентного пламени может быть определен (по теореме Пифагора) как

$$S_{\text{turb}} = \sqrt{S_u^2 + U_{\text{turb}}^2}. \quad (4)$$

Пульсационная скорость пламени U_{turb} обусловлена турбулизацией смеси, которая складывается из начальной турбулизации заряда во время наполнения цилиндра, до момента закрытия впускного клапана при $\varphi = \varphi_a$, и дополнительной турбулизацией, вызванной движением поршня. Поэтому U_{turb} пропорциональна средней (за цикл) скорости движения поршня \bar{u}_p , то есть

$$U_{\text{turb}} \approx \bar{u}_p = 4rn,$$

где r - радиус кривошипа, м; n - частота вращения коленчатого вала, 1/с.

Фронт пламени дополнительно турбулизируется во время горения заряда, тогда выражение для U_{turb} будет равно

$$U_{\text{turb}} = 4rn \cdot \chi_t, \quad (5)$$

где χ_t - фактор турбулизации заряда.

В процессе горения заряда фактор турбулизации заряда χ_t изменяется по известным причинам.

1) Начальной турбулизации заряда, характеризуемой, например, коэффициентом a (величиной порядка 1).

2) Дополнительной турбулизации фронта пламени в результате процесса горения заряда, пропорциональной доле продуктов сгорания x , характеризуемой, например, коэффициентом b (где величина b лежит в пределах от 3 до 10).

3) Снижением турбулизации фронта пламени в конце сгорания смеси (в результате приближения к стенке), характеризуемым, например, множителем вида $(1 - x^\delta)$. Здесь оцениваемый показатель степени δ лежит в пределах от 5 до 35.

Таким образом, фактор турбулизации пламени как функцию массовой доли продуктов сгорания x можно представить зависимостью вида

$$\chi_t = a + bx(1 - x^\delta). \quad (6)$$

Рассмотрим уравнения (3) и (4), с учетом (5), в результате получим

$$F_{\text{turb}} S_u \equiv F_f S_{\text{turb}} = F_f \sqrt{S_u^2 + U_{\text{turb}}^2}, \quad F_{\text{turb}}/F_f = \sqrt{1 + (U_{\text{turb}}/S_u)^2},$$

$$F_{\text{turb}}/F_f = \sqrt{1 + (4rn \cdot \chi_t/S_u)^2}. \quad (7)$$

Сравнение выражений (7) и (1) дает оценку для коэффициента площади турбулентного пламени k_F , то есть имеем

$$k_F = F_{\text{turb}}/F_f = \sqrt{1 + (4rn \cdot \chi_t/S_u)^2}. \quad (8)$$

Согласно теории горения смеси в ограниченном объеме [2], закон сгорания заряда определяется следующим образом. За время dt сгорает массовая доля свежей смеси dx , находящаяся в объеме $dV_u = W_f dt = F_f S_{\text{turb}} dt$, тогда, очевидно, выполняется пропорциональное соотношение (в виду однородности свежей смеси)

$$dV_u/V_u = dx/(1-x),$$

или, с учетом (2), (4) и (5), имеем

$$\frac{dx}{dt} = F_f S_{\text{turb}} \frac{1-x}{V_u} = \frac{1-x}{V_u} F_f \sqrt{S_u^2 + U_{\text{turb}}^2},$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1-x}{V-V_b} F_f \sqrt{(S_{u1}(p/p_1)^\varepsilon)^2 + (4rn \cdot \chi_t)^2}. \quad (9)$$

Из (9) получим уравнение для массовой доли продуктов от угла $\varphi = 2\pi n t$ поворота коленчатого вала (ПКВ)

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{dx}{dt} \cdot \frac{dt}{d\varphi} = \frac{1-x}{V-V_b} \cdot \frac{F_f}{2\pi n} \sqrt{(S_{u1}(p/p_1)^\varepsilon)^2 + (4rn \cdot \chi_t)^2}, \quad (10)$$

где n - частота вращения коленчатого вала, 1/с; φ - угол ПКВ, рад.

В уравнение закона сгорания (10) входит фактор турбулизации пламени χ_t , определяемый формулой (6), зависящий от массовой доли продуктов сгорания x , которая, в свою очередь, является функцией динамики процесса. На рисунках 1 и 2 представлены зависимости $\chi_t = \chi_t(x)$, по уравнению (6), при различных значениях параметров a, b, δ .

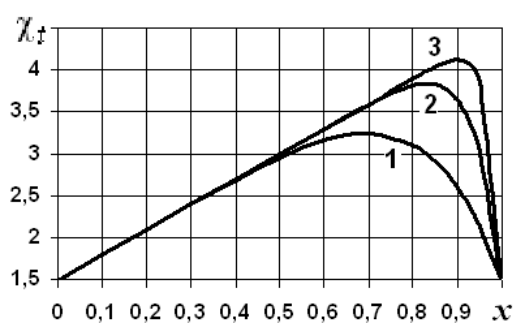


Рис. 2. Фактор турбулизации пламени в газовом ДВС (6):

$$a = 1,5; b = 3;$$

$$1 - \delta_1 = 5;$$

$$2 - \delta_2 = 15;$$

$$3 - \delta_3 = 35$$

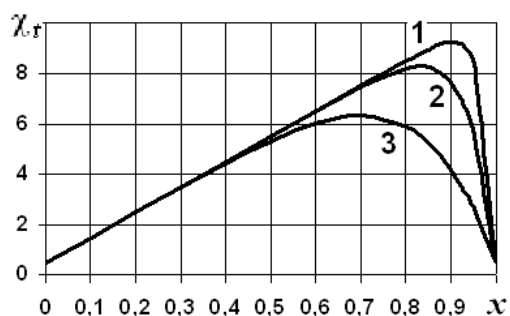


Рис. 3. Фактор турбулизации пламени в газовом ДВС (6):

$$a = 0,5; b = 10;$$

$$1 - \delta_1 = 35;$$

$$2 - \delta_2 = 15;$$

$$3 - \delta_3 = 5$$

Список литературы

1. Сеначин А.П. Моделирование образования токсичных веществ в двигателе с искровым зажиганием / А.П. Сеначин // Ползуновский вестник, 2012. - № 3/1. - С. 140-149.
2. Льюис Б. Горение, пламя и взрывы в газах / Б. Льюис, Г. Эльбе. – Москва : Изд-во «Мир», 1968. – 592 с.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4, МОДЕРНИЗОВАННОГО ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИМ ДЕМПФЕРНЫМ УСТРОЙСТВОМ В СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ

С.Е. Сенькевич, З.А. Годжаев, Е.К. Васильев
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

Аннотация. **Актуальность:** Работа посвящена исследованию влияния гидропневматического демпфера (ГПД) на показатели работы трактора класса 1,4. Для примера была выбрана операция – культивация. Гидропневматический демпфер предназначен для плавного трогания трактора в составе агрегата, снижения динамических нагрузок в силовой передаче, защиты двигателя от колебаний внешней нагрузки. **Материалы и методы:** Приведены результаты натурных экспериментальных исследований опытного (с ГПД в силовой передаче) трактора класса 1,4 и трактора с трансмиссией близкой по характеристикам к серийной (с заблокированным ГПД в силовой передаче), далее для удобства будем называть такой трактор серийным. **Обсуждение и ход исследований:** Проанализировав осциллограммы реализаций крутящего момента двигателя трактора и угловой скорости коленчатого вала двигателя был проведен корреляционно – спектральный анализ, позволяющий качественно оценить влияние ГПД. **Результаты исследований:** Детально рассмотрены нормированные автокорреляционные функции и спектральные плотности изменения во времени крутящего момента двигателя, частоты вращения коленвала двигателя. Проведено сравнение этих параметров с аналогичными характеристиками серийного трактора. **Выводы:** По результатам экспериментальных исследований сделан вывод о том, что применение ГПД в силовой передаче трактора улучшает показатели функционирования трактора.

Ключевые слова: эксперимент, трактор, агрегат, гидропневматический демпфер, тяговая нагрузка, крутящий момент.

SOME RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE TRACTOR 1.4 CLASS WITH HYDRO PNEUMATIC DAMPER IN THE TRANSMISSION

S.E.Senkevich, Z.A.Godjajev, E.K.Vasilev
Federal agricultural research centre VIM (Russia)

Abstract. Background: Relevance: The work is devoted to the study of the influence of a hydropneumatic damper (GPA) on the performance of a class 1.4 tractor. For example, the operation was chosen is cultivation. Hydropneumatic damper is designed to smoothly start the tractor as part of the unit, reduce dynamic loads in power transmission, protect the engine from external load oscillations. **Materials and methods:** The results of full-scale experimental studies of an experimental (with GPA in power transmission) class 1.4 tractor and a tractor with a transmission similar in characteristics to a serial (with a locked GPA in power transmission) are

presented. Further, for convenience, we will call such a tractor a serial one. **Discussion and research progress:** After analyzing the oscillograms of realizations of the tractor engine torque and the angular velocity of the engine crankshaft, a correlation - spectral analysis was carried out, which allows a qualitative assessment of the influence of GPA. **Research results:** The normalized autocorrelation functions and spectral densities of changes in time of engine torque and engine crankshaft speed are considered in detail. A comparison of these parameters with similar characteristics of the serial tractor. **Conclusions:** According to the results of experimental studies, it was concluded that the use of GPA in the power transmission of the tractor improves the performance of the tractor.

Keywords: *experiment, tractor, hydro pneumatic damper, traction load, torque.*

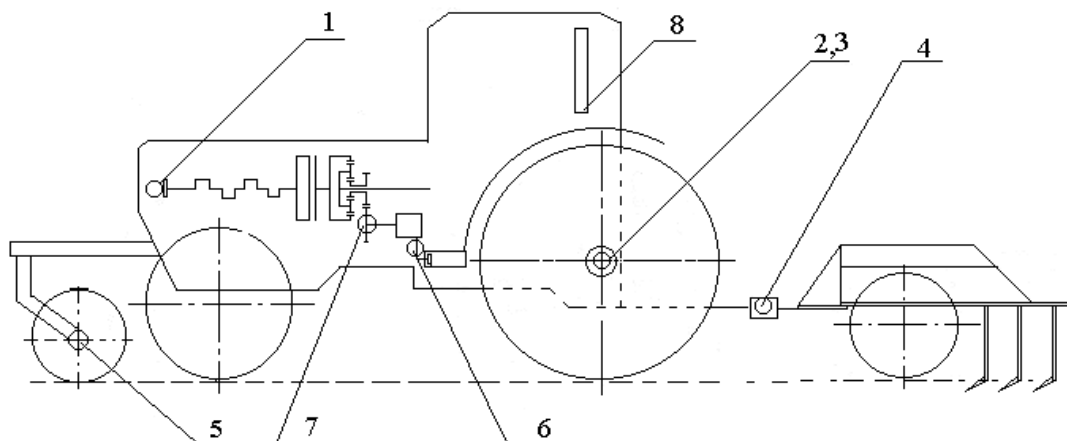
Введение. При работе трактора с прицепными орудиями возникают внешние факторы, оказывающие существенное влияние на эксплуатационные показатели работы трактора в составе с прицепным орудием [1,2,3]. Для снижения динамических нагрузок в силовой передаче, снижения воздействия движителей на почву предложено огромное количество технических решений воплощенных в виде экспериментальных образцов техники [4,5,6]. В данной работе приведены экспериментальные исследования трактора с улучшенной силовой передачей, в которую установлен гидропневматический демпфер [3]. Для сравнения показателей были проведены экспериментальные исследования этого же трактора, но с заблокированным демпфером. Это было сделано для создания идентичных условий измерения.

Цель исследований. Целью экспериментальных исследований является изучение влияния параметров гидропневматического демпфера на показатели работы трактора в составе агрегата. Сравнение этих параметров с аналогичными характеристиками серийного трактора, получение коэффициентов математической модели и определение эффективности функционирования трактора (в трансмиссию которого установлен гидропневматический демпфер), покажет целесообразность применения механизма.

Материалы и методы. Исследования проводились с использованием разработанной в ФНЦ Донской (г. Зерноград) системы автоматического накопления и обработки метрологической информации мобильного исполнения (САНУ). Система состоит из комплекса аппаратных и программных средств и включает в себя: бортовой компьютер, плату аналого-цифрового преобразования "код-цифра" (АЦП), плату сопряжений, усилитель сигналов. Все оборудование было установлено в кабине передвижной тензометрической лаборатории ТЛ-2 на базе полноприводного автомобиля. Комплект датчиков (первичных преобразователей), установленных на исследуемый агрегат, позволяет измерять мгновенные значения следующих энергетических параметров: тяговое сопротивление; крутящий момент на оси ведущего колеса; частоту вращения коленчатого вала двигателя трактора; импульсы оборотов ведущего колеса трактора; импульсы оборотов путемерного колеса трактора; давление масла в гидрوليнии (до дросселя); частоту вращения шестерни привода масляного насоса; расход топлива. Обработка результатов

эксперимента осуществлялась на персональном компьютере с использованием пакета программ.

Обсуждение и ход исследований. На рис.1 приведена схема исследуемого трактора и места установки датчиков.



1 – датчик оборотов коленвала двигателя; 2, 5 – датчики оборотов ведущего и путемерного колес соответственно; 3 – датчик крутящего момента; 4 – тяговое звено; 6 – датчик давления масла; 7- датчик оборотов шестерни привода масляного насоса; 8 – устройство для фиксирования расхода топлива

Рис.1. Схема установки датчиков на исследуемом тракторе

Испытания проходили на полях зерноградского района Ростовской области. В качестве эталонного при проведении сравнительных опытов использовался тот же самый машинно-тракторный агрегат, но с заблокированным ГПД. При работе агрегата в поле производилась запись его основных рабочих параметров. Время опыта и пройденный путь фиксировались при помощи САНУ.

Испытания трактора в составе культиваторного агрегата проводились на следующих режимах: разгон и установившейся процесс. Перечисленные режимы работы машинно-тракторного агрегата сопровождаются значительными колебаниями тяговой нагрузки, что позволяет получить достоверные данные по установлению корректности принятой математической модели машинно-тракторного агрегата [7,8,9,10,11].

Опыты проводились на горизонтальном участке поля с уклоном не более 2° при строго прямолинейном движении агрегата на 7 передаче основного ряда скоростей КПП трактора. Положение рычага управления подачей топлива соответствовало максимальной подаче.

Перед началом проведения испытаний проводилась проверка технического состояния трактора, культиватора, измерительного комплекса и состояния автомобиля. Опыты начинались только после прогрева двигателя и силовой передачи. После подготовки агрегата в стационарных условиях (зарядка

аккумулятора, тарировка датчиков и настройка приборов) агрегат направлялся на поле, где производилась дополнительная проверка работы приборов. После этого осуществлялся первый (контрольный) проход агрегата, в течение которого проводилась полная проверка работы всех приспособлений и измерительных приборов.

За одну секунду до начала трогания агрегата производилось включение регистрирующего оборудования (САНО). При выполнении опыта тензометрическая лаборатория передвигалась вместе с исследуемым машинотракторным агрегатом.

Эксплуатационная оценка эффективности культиваторного агрегата, параметры и режимы работы которого соответствовали рекомендациям теоретических исследований.

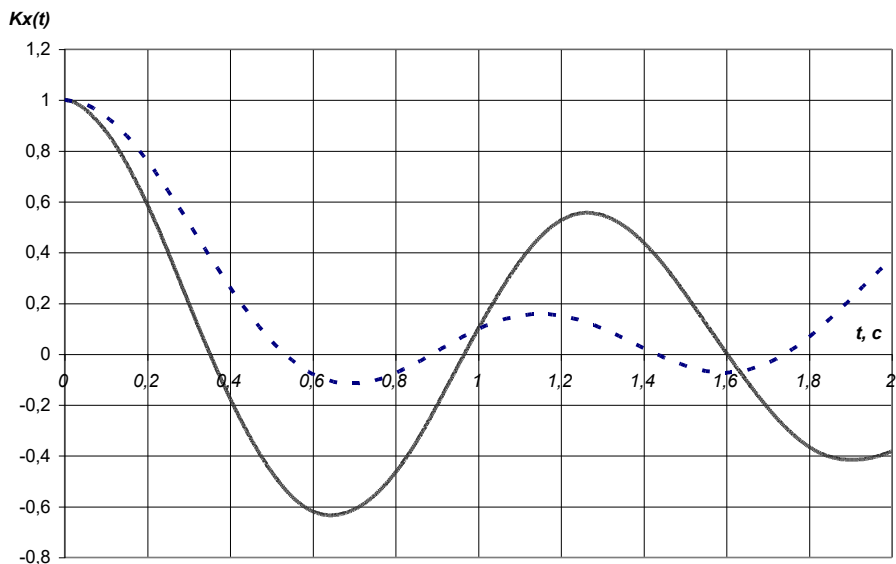


Рис.2. Общий вид агрегата и мобильной лаборатории

Культивация проводилась на специально подготовленном поле на глубину 10...12 см. В процессе проведения опытов контролировались глубина культивации и ширина захвата. Колебания глубины культивации и ширины захвата находились в пределах допускаемых агротребованиями.

Результаты исследований. После обработки были получены корреляционные функции, характеризующие случайный процесс во временной области [7,8]. Анализ показал, что функции быстро убывают. Эти функции показывают, что адаптация серийного культиваторного МТА к изменяющимся воздействиям происходит медленнее, чем у агрегата с ГПД в силовой передаче трактора. На графиках спектральных плотностей, характеризующих случайный процесс в частотной области, явно выражены преобладающие частоты, на которые приходится максимум дисперсий.

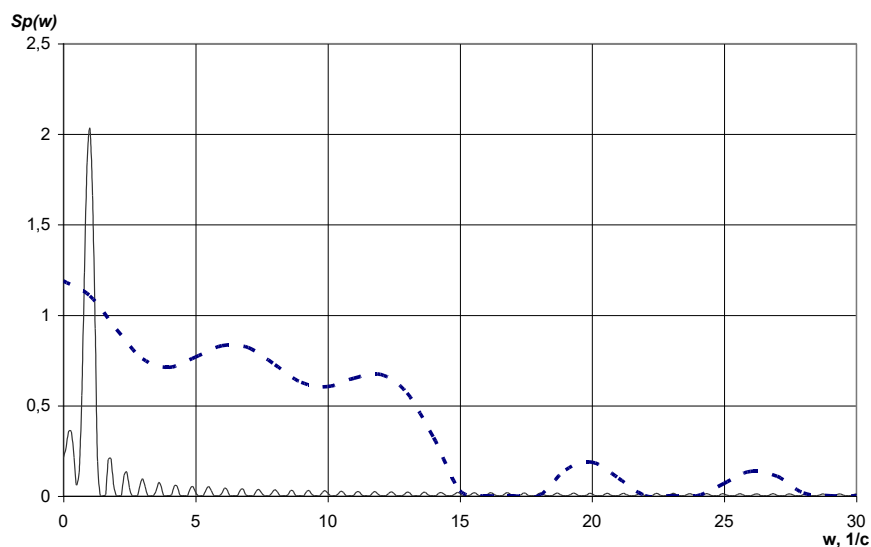
Нормированная автокорреляционная функция реализации крутящего момента двигателя (рис.3) показывает, что время спада функции у серийного агрегата составляет 0,55 с, в отличие от агрегата с гидropневматическим демпфером в силовой передаче, у которого время спада корреляционной функции 0,35 с.



----- серийный агрегат ————— агрегат с ГПД в силовой передаче трактора

Рис.3. Нормированная автокорреляционная функция крутящего момента двигателя

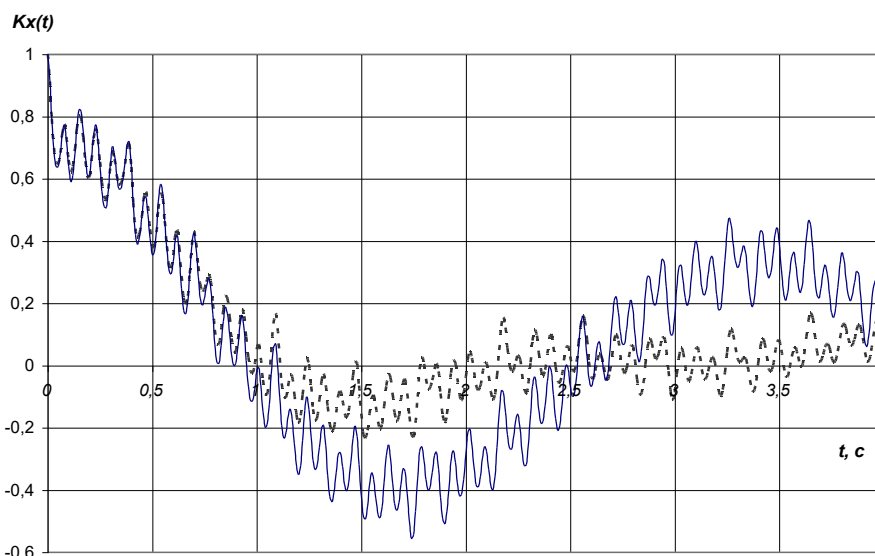
На графике спектральных плотностей (рис.4) видно, что количество преобладающих частот у серийного и опытного агрегатов разное: для МТА с ГПД — имеется одна преобладающая частота 1,0 с⁻¹, а для серийного их несколько — 0,5 с⁻¹, 7,0 с⁻¹, 12,0 с⁻¹, 20,0 с⁻¹ и 26,0 с⁻¹.



----- серийный агрегат ————— агрегат с ГПД в силовой передаче трактора

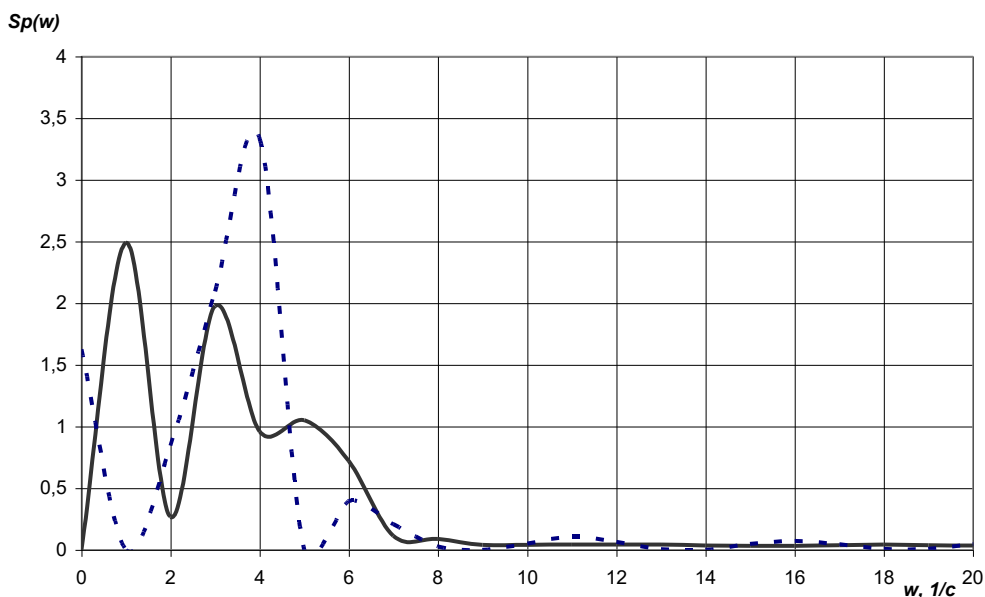
Рис.4. Нормированная спектральная плотность крутящего момента двигателя

Как видно из графиков, для серийного МТА предел изменения преобладающих частот находится в более широком диапазоне. Это свидетельствует о том, что серийная силовая передача хуже адаптируется к внешним факторам.



----- серийный агрегат — агрегат с ГПД в силовой передаче

Рис.5. Нормированная автокорреляционная функция частоты вращения коленвала двигателя



----- серийный агрегат — агрегат с ГПД в силовой передаче трактора

Рис.6. Нормированная спектральная плотность частоты вращения коленвала двигателя

Нормированная автокорреляционная функция реализации частоты вращения коленвала двигателя (рис.5) показывает, что время спада функции у серийного агрегата составляет 1,1 с. Для опытного трактора с ГПД в силовой

передаче, функция убывает быстрее на 0,2 с (значение составляет 0,9 с), что свидетельствует о большей адаптивности процесса в опытном варианте.

На графике спектральных плотностей (рис.6) видно, что у серийного агрегата имеется одна преобладающая частота, равная $4,0 \text{ с}^{-1}$.

Для опытного агрегата количество преобладающих частот две: $1,0 \text{ с}^{-1}$ и $3,0 \text{ с}^{-1}$. В диапазоне от $7,0 \text{ с}^{-1}$ и далее, наблюдается сходный характер поведения спектральных плотностей. Для серийного агрегата более ярко выражены периодические составляющие, что свидетельствует о его незащищенности от колебаний внешней тяговой нагрузки.

Анализ данных показал и снижение тягового сопротивления. Установка гидропневматического демпфера в трансмиссию культиваторного машинно-тракторного агрегата создает более благоприятные условия для формирования характера нагрузки узлов трактора, как при неустановившихся режимах движения, так и при установившихся. Следствием этого является снижение нагрузки на двигатель и ведущие колеса трактора, отчего угловая скорость вала и поступательная скорость трактора возрастают по сравнению с серийным вариантом, у которого большая жесткость силовой передачи.

Выводы

В результате проведенных исследований, можно сделать выводы:

1. Полученные графики свидетельствуют о том, что у трактора с гидропневматическим демпфером в силовой передаче величины спектральных плотностей угловой скорости коленчатого вала двигателя и крутящего момента двигателя меньше. Следовательно, затраты энергии на колебания тоже меньше.

2. Преобладающие в случайном процессе частоты сдвинуты в зону более низких частот, чем у серийного агрегата. Такой характер зависимостей свидетельствует о снижении динамической загруженности звеньев агрегата при установке в трансмиссию гидропневматического демпфера.

3. Установка гидропневматического демпфера в трансмиссию трактора представляется весьма эффективным конструктивным мероприятием, улучшающим выходные показатели агрегата в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Decreasing of the Dynamic Loading of Tractor Transmission by means of Change of the Reactive Element Torsional Stiffness / V.V. Shekhovtsov, N.S. Sokolov-Dobrev, P.V. Potapov // Procedia Engineering. – 2016. – №150. – P. 1239 – 1244.

2. Janulevičius. A. Analysis of main dynamic parameters of split power transmission / A.Janulevičius, K.Giedra // Transport. – 2008. – №23 (2), – P. 112 – 118.

3. Патент 2398147 Российская Федерация, С1 F 16 H 47/04. Устройство для снижения жёсткости силовой передаче машинно-тракторного агрегата / В.А. Кравченко, С.Е. Сенькевич, А.А. Сенькевич, Д.А. Гончаров, В.В. Дурягина; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО АЧГАА. – № 2008153010/11; заявл. 31.12.2008; опубл. 27.08.2010, Бюл. № 24. – 7 с.: ил.

4. Кравченко, В.А. Повышение динамических и эксплуатационных показателей сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов: монография / В.А. Кравченко. – зерноград: АЧГАА, 2010. – 224 с.
5. Kravchenko V.A. The results of studies of arable unit on the basis of the class 1,4 tractor with the UDM in the transmission. Vestnik VIESH. 2017; 2(27): 87-91. (In Russian).
6. Zoz, Frank. Traction and Tractor Performance / Frank M. Zoz, Robert D. Grisso // Agricultural Equipment Technology Conference: conference materials. – Louisville, Kentucky USA, 2003. – P. 1 – 47.
7. Беспямятнова Н.М. Научно-методические основы адаптации почвообрабатывающих и посевных машин / Н.М. Беспямятнова. – Ростов н/Д: ООО «Терра», ИПК «Гефест», 2002. – 176 с.
8. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 382 с.
9. C. S. Wilhite, W. E. Field & M. Jaramillo (2016) Tractor seating for operators with paraplegia, Assistive Technology, 29:1, 37-47, DOI: 10.1080/10400435.2016.1201171.
10. Vidoni R., Carabin G., Gasparetto A., Mazzetto F. (2016) Stability Analysis of an Articulated Agri-Robot Under Different Central Joint Conditions. In: Reis L., Moreira A., Lima P., Montano L., Muñoz-Martinez V. (eds) Robot 2015: Second Iberian Robotics Conference. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 417. Springer, Cham.
11. Karpat, F.; Dogan, O.; Yuce, C.; et al. The investigation of stress distribution on the tractor clutch finger mechanism by using finite element method Conference: ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE 2014) Location: Montreal, CANADA Date: NOV 14-20, 2014.

ОБЩИЙ АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Д.В. Сизых, М.В. Полуэктов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Проведен анализ характерных неисправностей элементов тормозной системы и методов их устранения. Рассмотрены диагностические признаки неисправностей системы, приведена их классификация.

Ключевые слова: *легковой автомобиль, тормозная система, неисправность, диагностирование.*

GENERAL ANALYSIS OF FAULTS AND DIAGNOSTIC CHARACTERISTICS OF THE AUTOMOBILE BRAKE SYSTEM

D.V. Sizykh, M.V. Poluektov

Volgograd state technical university

Abstract. The analysis of typical defects of brake system elements and methods of their elimination is carried out. The diagnostic characteristics of brake system defects are considered, their classification is given.

Keywords: *passenger car, brake system, defect, diagnosing.*

Тормозная система является одной из систем автомобиля, обеспечивающих безопасность при движении [1]. По статистике [2], тормозная система является наиболее значимой с позиции активной безопасности автомобиля, от ее технического состояния зависит количество и тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Среди всех ДТП по причине технической неисправности транспортного средства свыше 40 % приходится на неисправность тормозной системы. Следовательно, любое исследование, направленное на повышение надежности тормозной системы в эксплуатации, является актуальным.

Целью данного исследования является анализ и совершенствование технологии выполнения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту элементов тормозной системы, в том числе оснащенной автоматизированными системами. Это позволит повысить уровень эксплуатационной надежности автомобиля в целом.

На первом этапе исследования изучена общая схема автоматизированной тормозной системы легкового автомобиля [3]. Проведен анализ характерных неисправностей элементов системы и методов их устранения, в результате которого выделены наиболее часто встречающиеся неисправности, а также те неисправности, которые в наибольшей степени сказываются на безопасности дорожного движения.

Проведенный анализ выявил, что одним из главных критериев, характеризующих неисправность тормозной системы в процессе эксплуатации легкового автомобиля, является недостаточная эффективность торможения. Вместе с тем, не менее опасным является неравномерное торможение колес одной оси, способное привести к потере устойчивости транспортного средства.

Результаты анализа отображены в таблице 1.

Таблица 1

Основные неисправности тормозной системы и методы устранения

Неисправности	Причины	Методы устранения
Недостаточная эффективность торможения	Повышенный зазор между тормозным барабаном (диском) и колодками	Регулировка зазоров, замена накладок в случае большого износа
	Замасливание тормозных накладок тормозных колодок	Промывка. Устранение причин попадания масла на рабочую поверхность тормозных колодок
	Попадание воздуха в гидропривод	Прокачка гидропривода
Заедание тормозов	Недостаточный зазор между диском (барабаном) и колодками	Регулировка зазоров
	Ослабление или поломка возвратных пружин	Замена пружин
	Срыв накладок тормозных колодок	Замена тормозных колодок

Продолжение таблицы 1

Неисправности	Причины	Методы устранения
Увеличенный ход педали тормоза или «мягкая» педаль	Сильный износ накладок тормозных колодок	Замена тормозных колодок
	Попадание воздуха в гидропривод	Прокачка гидропривода
	Утечка тормозной жидкости	Замена уплотнений и иных поврежденных деталей
«Проваливание» педали тормоза	Попадание воздуха в гидравлический тормозной привод	Прокачка гидропривода
	Недостаточный уровень тормозной жидкости	Долить тормозную жидкость
Занос автомобиля, несинхронное торможение всех колес	Неравномерность зазоров между накладками и тормозными дисками (барабанами)	Регулировка зазоров
	Неисправность одного из контуров тормозной системы	Замена поврежденных деталей
	Замасливание накладок тормозных колодок	Промывка. Устранение причин попадания масла на тормозные колодки.
	Неравномерный износ тормозных колодок	Замена тормозных колодок
Пониженная эффективность торможения при высоком усилии на педали тормоза	Замасливание накладок тормозных колодок	Промывка или замена колодок
	Износ накладок тормозных колодок	Замена тормозных колодок
	Отказ одного из контуров тормозных колодок	Проверить герметичность, заменить изношенные элементы
Плохое растормаживание колес	Нарушение герметичности гидропривода	Замена поврежденных деталей
	Заедание поршней в рабочих тормозных цилиндрах	Замена неисправных деталей
	Износ или замасливание накладок тормозных колодок	Промывка. Устранение причин попадания масла. Замена
	Отсутствие свободного хода педали тормоза	Регулировка узла
Биение руля при торможении, вибрация автомобиля	Неравномерный износ тормозных дисков	Проточка или замена дисков
	Овальность тормозного барабана	Расточка или замена барабанов
	Износ тормозных колодок	Замена тормозных колодок
Недостаточная эффективность стояночного тормоза	Износ накладок тормозных колодок	Замена тормозных колодок
	Удлинение троса привода стояночного тормоза	Регулировка привода
	Замасливание или повышенный износ накладок тормозных колодок	Промывка или замена тормозных колодок

Для выбранных неисправностей рассмотрены диагностические признаки, по которым можно о них судить. Отмечено, что диагностические признаки в различной степени характеризуют неисправность системы и ее элементов. В частности, параметры диагностирования тормозной системы подразделяются на две группы в соответствии с рекомендациями, разработанными В.П. Овчинниковым [5]: признаки общего диагностирования и признаки поэлементного диагностирования (рис. 1). Общие признаки характеризуют техническое состояние в целом, т.е. не указывают на конкретную неисправность системы. В частности, тормозной путь относится к категории признаков, характеризующих выходные процессы. Этот признак позволяет судить об общем состоянии системы, но не позволяет точно определить конкретную неисправность, т.к. большой тормозной путь может быть следствием износа тормозных колодок, их замасливания, попадания воздуха в гидравлический привод и еще ряда причин.

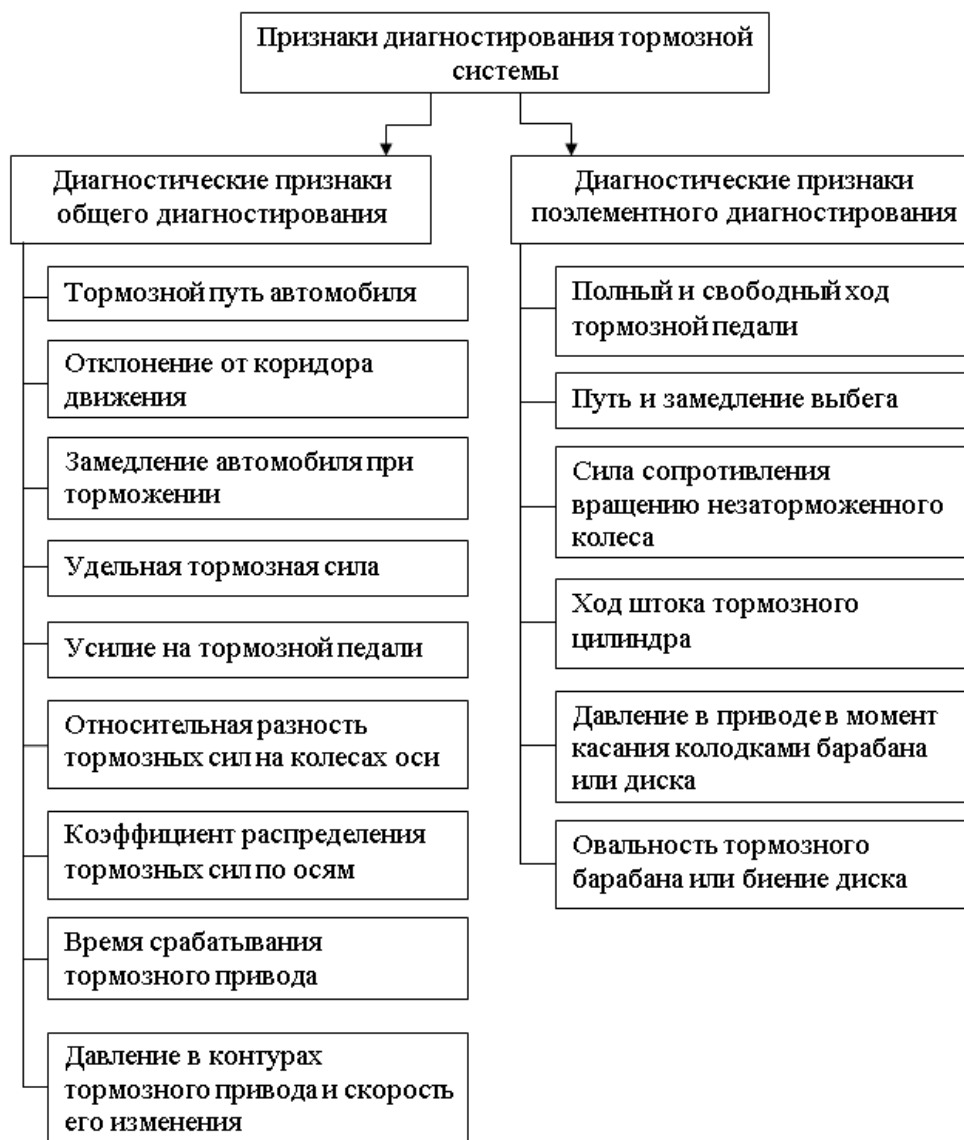


Рис. 1. Классификация признаков диагностирования тормозной системы легкового автомобиля

Также существуют неисправности, которые не влияют на тормозной путь, но отражаются на работоспособности и надежности тормозной системы автомобиля. Например, неполное растормаживание всех колес.

Поэлементные диагностические параметры уже непосредственно указывают на конкретную неисправность системы.

На основании полученной классификации, дальнейшей задачей является детальное изучение современных методов диагностирования тормозной системы в целом и ее составных частей, с разработкой рекомендаций по совершенствованию данного процесса. Совершенствование предполагает в первую очередь использование однозначных диагностических признаков неисправностей.

Список литературы

1. Влияние рабочего процесса АБС на долговечность элементов шасси автомобиля: монография / А.А. Ревин, М.В. Полуэктов, М.Г. Радченко, Р.В. Заболотный; под ред. А.А. Ревина. – Москва, 2013. – 222 с.

2. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институты / М.Я. Блинкин. — М.: ИД ВШЭ, 2013. — 240 с.

3. Основы конструкции автомобиля / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский [и др.]. – М.: Книжное издательство «За рулем», 2005. – 336 с.

4. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов 4-е изд., перераб. и дополн. / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.

5. Технологические процессы диагностирования, обслуживания и ремонта автомобилей: учеб. пособие / В.П. Овчинников, Р.В. Нуждин, М.Ю. Баженов – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 284 с.

6. Технологические процессы технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей : учебное пособие / Н.Т. Тищенко, Ю.А. Власов, Е.О. Тищенко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 159 с.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА КРИВЫХ УЧАСТКАХ ЗАГОРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШУМОВЫХ ПОЛОС И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ

Г.В. Скрылёв, М.М. Девятов

*«Институт архитектуры и строительства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»*

Аннотация. в статье предлагаются различные мероприятия, которые позволят на аварийно-опасных участках автомобильных дорог ограничить скорость транспортных средств, уменьшить число съездов на влажные неукрепленные обочины, а также на полосы встречного движения.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, шумовая полоса, горизонтальная дорожная разметка.

INCREASE OF ROAD SAFETY ON CURVED AREAS OF COUNTRY ROADS WITH THE USE OF NOISE BANDS AND HORIZONTAL ROAD MARKINGS

G.V. Skrylev, M.M. Devyatov

"Institute of architecture and construction of" federal state-funded educational institution of the higher education "Volgograd state technical university"

Annotation: the article proposes various measures that will allow for limiting the speed of vehicles on emergency-hazardous sections of roads, reducing the number of exits to wet unfortified roadsides, as well as to oncoming traffic.

Keywords: road safety, noise band, horizontal road marking.

Цель государственного проекта «Безопасные и качественные дороги» - повышение уровня безопасности дорожного движения, а также снижение количества мест концентрации дорожно-транспортных происшествий на дорогах Российской Федерации [1].

Согласно статистике ДТП треть аварий, в которых погибают люди, происходят по причине выезда транспортных средств на полосу встречного движения. ГИБДД отмечает значительное рост числа подобных дорожно-транспортных происшествий на запрещённых участках автомобильных дорог. Увеличения числа ДТП за 2017 год, в сравнении с 2016 годом, составило 28,1% (748), при этом увеличилось число погибших и раненых более чем на 39,6% (296) и 29,4% (1404) человека, соответственно[2].

Отмечено, что основными причинами выезда автомобилей на полосу встречного движения является:

- недостаточная видимость горизонтальной дорожной разметки;
- управление водителями ТС в состоянии алкогольного или наркотического опьянения;
- потеря бдительности водителем из-за утомления;
- несоблюдение скоростного режима;
- потеря водителем управления транспортным средством.

Статистика дорожно-транспортных происшествий в мире гласит, что в среднем каждое пятое ДТП происходит из-за снижения бдительности и концентрации водителя за рулём [3]. Например, в Германии по этой причине происходит 25% аварий с летальным исходом, в Швеции – 15%, в Великобритании – 4% ДТП [4].

Анализ статистики ДТП по Волгоградской области за 2015-2018гг., связанных с выездом на обочину, показал, что за 4 года произошло около 100 дорожно-транспортных происшествий с погибшими и получившими травмы участниками движения. Основными причинами ДТП стали: недостатки транспортно-эксплуатационного содержания улично-дорожной сети, отсутствие или плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части, несоответствие скорости конкретным условиям движения, нарушение правил расположения ТС на проезжей части [5].

Концентрации ДТП, чаще всего, возникают на участках с резким изменением направлением движения, затяжные прямые участки, затяжные подъёмы и спуски, закрытые повороты и т.д. В большинстве случаев ДТП с выездом на обочину происходят на кривых участках автомобильных дорог (рисунок 1).

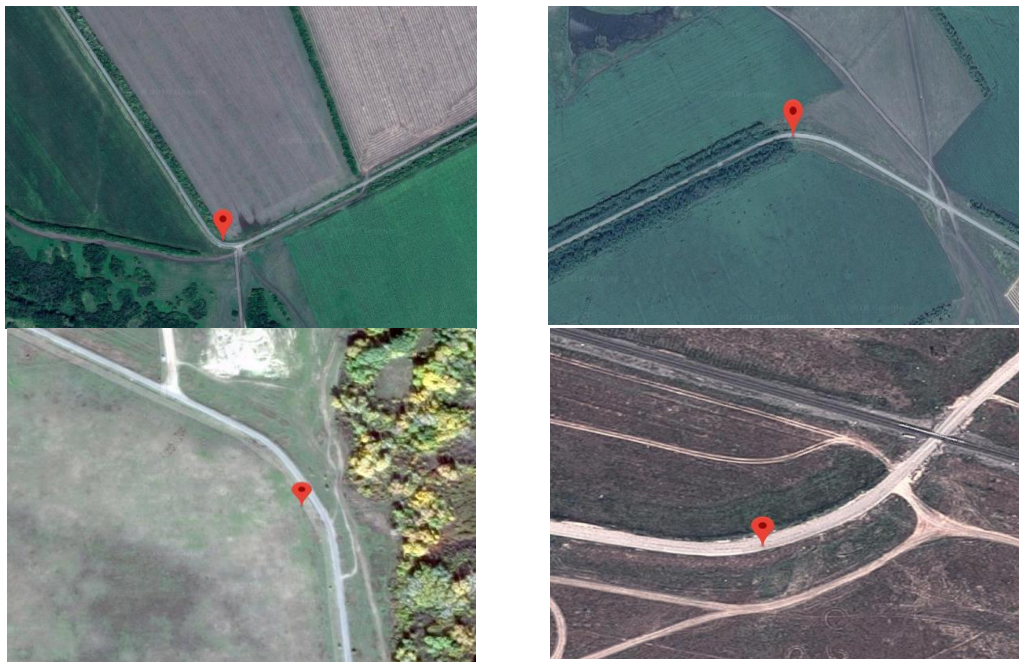


Рис.1. Места дорожно-транспортных происшествий, связанных с выездом на обочину

Мокрая неукрепленная обочина представляет собой большую опасность, так как у покрытий проезжей части и обочины значительно различаются коэффициенты сцепления. При наезде на мокрую обочину возникает разворот автомобиля в ту сторону, где сцепление меньше (разворачивающий эффект)[6]. Водитель теряет контроль за автомобилем и съезжает с проезжей части или наоборот выезжает на полосу встречного движения. На рисунке 2,3 представлены фотографии на криволинейных и прямолинейных участках автомобильной дороги (Волгоград – Котельниково – Сальск).



Рис.2. Криволинейный участок автомобильной дороги с неукрепленной обочиной (фото Скрылёва Г.В.)



Рис.3. Прямолинейный участок автомобильной дороги с неукреплённой обочиной (фото Скрылёва Г.В.)

Водители транспортных средств съезжают на обочины, тем самым подвергают себя опасности съехать в кювет. Также их действия повреждают кромку проезжей части, снижая качество покрытия, затаптывают растительность, выносят грязь на проезжую часть, а образование ям и колеи препятствуют отводу дождевых и талых вод с полосы обочины.

Для предотвращения съезда на обочину или, наоборот, выезда на полосу встречного движения, предлагается использовать различные технические средства организации дорожного движения такие как:

- предупреждающие дорожные знаки;
- сигнальные указатели со световозвращающими элементами и (или) световыми приборами;
- горизонтальная дорожная разметка;
- шумовые полосы.

Мировой опыт использования шумовых полос на проезжей части перед опасными участками благотворно влияет на снижение количества дорожно-транспортных происшествий. Применение шумовых полос на дорогах Японии до 55% снизило количество столкновений со встречными ТС[7].

Российский опыт использования шумовых полос на автомобильных дорогах предусматривает зачастую комбинирование ШП и горизонтальной дорожной разметки (рисунок 4).



Рис. 4. Использование шумовой полосы совместно с ГДР (фото Скрылёва Г.В.)

Данный способ информирования водителей об опасных участках на автомобильных дорогах имеет ряд положительных качеств, к ним относятся: технологическая простота устройства, высокая эффективность. Но при этом существуют и недостатки: при повреждении верхнего слоя асфальтобетона снижается его долговечность (рисунок 5), скопление атмосферных осадков.



Рис. 5. Дефекты шумовой полосы (фото Скрылёва Г.В.)

С целью повышения эффективности данной конструкции, предлагается следующее конструктивное решение: объединить шумовую полосу и линию горизонтальной дорожной разметки, полосу ГДР нанести «внахлест» шумовой полосы (рисунок 6).

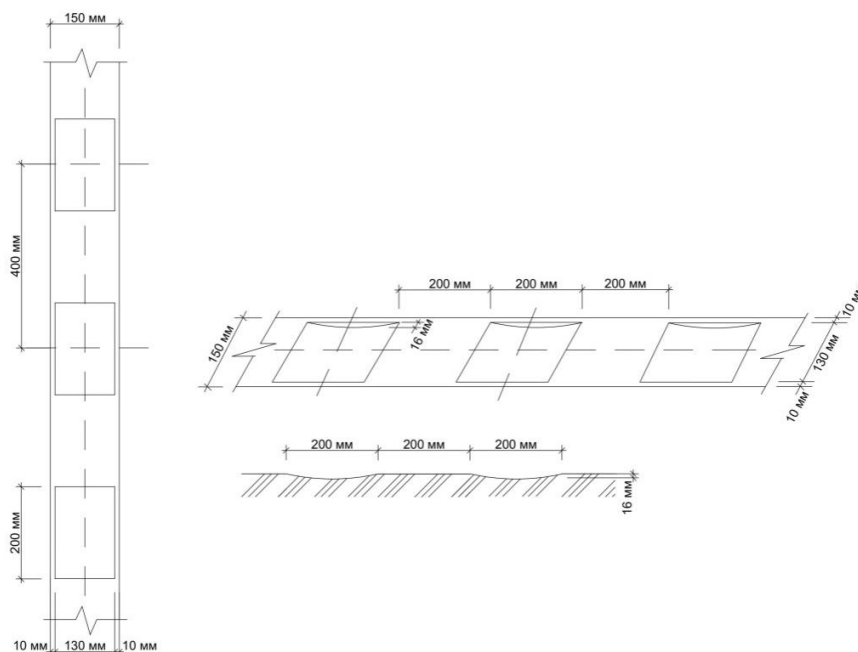


Рис.6. Конструктивная схема шумовой полосы и ГДР

Данное мероприятие позволит:

- обеспечить защиту шумовой полосы от негативного воздействия дождевых и снеговых осадков;
- повысить функциональную долговечность шумовой полосы;
- защитить повреждённый слой асфальтобетона от дальнейшего разрушения колёсами ТС;
- шумовая полоса, благодаря своей конструктивной особенности, позволит снизить число наездов автомобилями на линию разметки;
- увеличить безопасность дорожного движения визуальным и шумовым предупреждением о выезде на полосу встречного движения и (или) на обочину.

Данная концепция позволит повысить уровень безопасности дорожного движения на аварийно-опасных участках автомобильных дорог Волгоградской области.

Список литературы

1. Министерство транспорта Российской Федерации. Приоритетный проект "Безопасные и качественные дороги". [Электронный ресурс] <https://www.mintrans.ru/activities/141/145>
2. Официальный сайт МВД РФ. Каждое девятое ДТП в России связано с выездом на полосу встречного движения [Электронный ресурс] <https://xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/10904067> ;
3. Страшная статистика ДТП. [Электронный ресурс] <http://vyzhivaj.ru/bezopasnost-v-avto/strashnaya-statistika-dtp-kak-ne-zasnut-zarulyom> ;
4. Официальный сайт Госавтоинспекции. Показатели состояния безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс] <http://stat.gibdd.ru/>
5. Данные из рекомендаций French Motorway Companies (ASFA) и National Institute of Sleep and Vigilance (INSV). [Электронный ресурс] <http://www.sleepnet.ru/son-za-rulem/faktyi-i-statistika>;
6. Чем опасно движение по мокрой и заснеженной дороге [Электронный ресурс] <https://infoshina.com.ua/info/stati/chem-opasno-dvizhenie-po-mokroj-i-zasnezhenoj-doroge.html>;
7. Общие сведения о шумовой полосе [Электронный ресурс] <http://www.unidorstroy.kiev.ua/wiki-asphalting/shumovaya-polosa.html>

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА НА СТЯСНОЙ ДОСКЕ ПРИ РАБОТЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА СКЛОНАХ

С.Ф. Сороченко, Е.Ю. Ракитина

Алтайский государственный технический университет имени И.И.Ползунова

Аннотация. В статье рассмотрена проблема работы системы очистки зерноуборочного комбайна в условиях уборки зерновых культур на склонах. Проведены вычислительные эксперименты для определения параметров транспортной доски, при которых улучшается распределение зернового вороха при поперечном наклоне зерноуборочного комбайна. Определена высота продольных перегородок, установленных на стясной доске.

Ключевые слова: система очистки, зерноуборочный комбайн, склоны, потери зерна, стрясная доска, коэффициент вариации.

DISTRIBUTION OF GRAIN LOTS ON THE TRANSPORT BOARD DURING THE OPERATION OF THE COMBINE HARVESTER ON SLOPES

S.F. Sorochenko, E.Yu. Rakitina

Polzynov Altai State Technical University

Summary. In article the problem of work of a system of cleaning of the combine harvester in the conditions of cleaning of grain crops on slopes is considered. Computing experiments for determination of parameters of a transport board at which distribution of grain lots at a cross inclination of the combine harvester improves are made.

Keywords: *system of cleaning, combine harvester, slopes, grain losses, transport board, coefficient of variation.*

Введение

Алтайский край является крупнейшим производителем зерна. Для своевременной уборки зерновых культур используются самоходные зерноуборочные комбайны, которые могут выполнять большой объем работ с наименьшими потерями зерна. Одной из причин, способствующих увеличению потерь зерновых культур при уборке, являются склоны. В Алтайском крае около 1,5 млн.га пашен имеют уклон более 3° , а в некоторых районах края (Алтайском, Солонешенском, Красногорском) преобладают пашни с уклоном 5° и более [1]. Зерновые культуры на склонах также возделываются в Восточной Сибири [2] и в других районах страны [3].

В технологическом процессе при работе комбайнов на равнинной местности применяется воздушно-решетная система очистки. Она обеспечивает работу системы очистки с наименьшими потерями, но только на равнинной местности. При работе на склонах зерновой ворох перемещается в сторону уклона на стрясной доске и верхнем решете при поперечном наклоне комбайна, что приводит к росту потерь зерна; при продольном наклоне при движении комбайна вверх по склону скорость зернового вороха увеличивается, поэтому зерно не успевает пройти сквозь солоmistую фракцию вороха; при движении комбайна вниз по склону скорость вороха уменьшается, что приводит к увеличению толщины слоя и к росту потерь зерна [4, 5]. В сравнении с продольным наклоном поперечный наклон комбайна является основной причиной повышенного уровня потерь зерна на склонах [6]. Распределение зернового вороха при поперечном наклоне комбайна по ширине верхнего решета зависит от его распределения на стрясной доске.

Целью работы является определение параметров стрясной доски, обеспечивающих повышение эффективности сепарации зернового вороха в системе очистки зерноуборочного комбайна при работе на склонах.

Применяемые методы исследования

Неравномерность распределения зернового вороха по ширине стрясной доски оценивали с помощью коэффициента вариации толщины слоя зернового

вороха [7]. На распределение зернового вороха по ширине стрясной доски влияют: угол поперечного наклона молотилки α ; подача хлебной массы q ; содержание β и объёмная масса γ соломистых примесей хлебной массы; количеством и высота h продольных перегородок (гребёнок), установленных на стрясной доске и верхнем решете; скорость зернового вороха на стрясной доске. Продольные перегородки разделяют стрясную доску по ширине на секции. Значения коэффициента вариации толщины слоя зернового вороха определяли по разработанной методике [8, 9, 10], с применением программы для ЭВМ «Расчет параметров системы очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна» [11]. Программа визуализирует результаты расчёта.

Полученные результаты и их обсуждение

Выполнены вычислительные эксперименты для зерноуборочных комбайнов третьего ($q=6,0$ кг/с) и четвертого классов ($q=7,5$ кг/с), имеющих ширину молотилки 1200 мм. Анализ проведён при количестве продольных гребёнок $m=4$; высоте продольных гребёнок $h=0,08$ м и $h=0,13$ м; коэффициенте, характеризующем соломистость хлебной массы в интервале от 0,5 (соотношение зерна к соломе 1:1) до 0,66 (1:2). Угол поперечного наклона комбайна изменяли в диапазоне от 4 до 10° , что соответствует условиям работы зерноуборочного комбайна косогорной модификации [12].

Увеличение угла поперечного наклона молотилки приводит к увеличению коэффициента вариации толщины слоя зернового вороха, при этом зерновой ворох переваливается через продольные перегородки высотой 0,08 м уже при угле 4° . Дальнейшее увеличение угла наклона приводит к более интенсивному перераспределению зернового вороха между секциями стрясной доски (рис. 1).

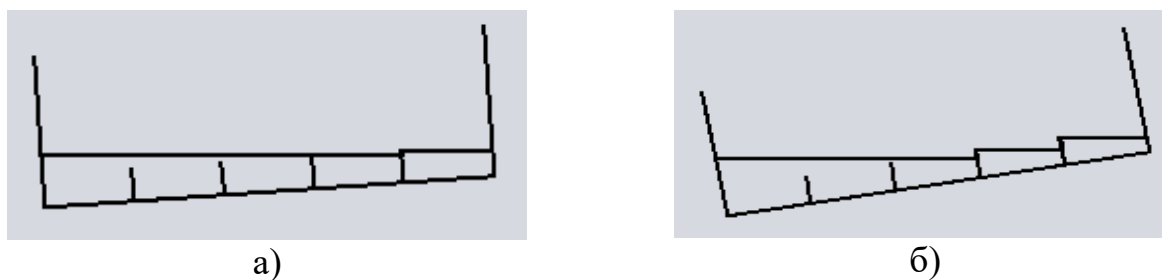


Рис.1. Распределение зернового вороха по ширине стрясной доски при $q=6,0$ кг/с и $h=0,08$ м: а) $\alpha=4^\circ$; б) $\alpha=10^\circ$

Увеличение высоты продольных перегородок до 0,13 м предотвращает переход зернового вороха в другие секции (рис. 2). Сувеличением крена молотилки коэффициент вариации увеличивается, однако остаётся на достаточно низком уровне (рис. 3).

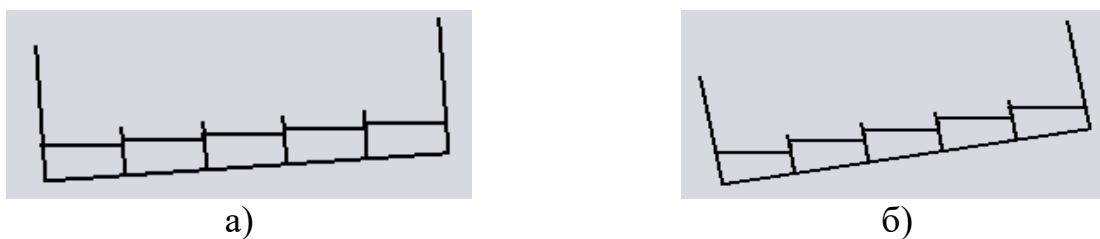


Рис.2. Распределение зернового вороха по ширине стрясной доски при $q=6,0$ кг/с и $h=0,13$ м: а) $\alpha=4^\circ$; б) $\alpha=10^\circ$

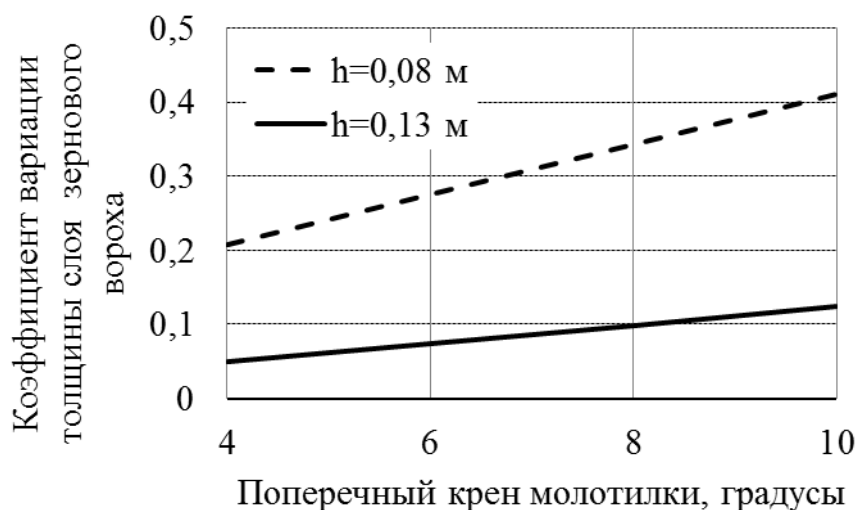


Рис. 3. Неравномерность распределения зернового вороха в зависимости от поперечного крена молотилки ($q=6,0$ кг/с)

Подача зернового вороха также влияет на его распределение при поперечном крене молотилки (рис. 4), причем при подаче зернового вороха менее $4,0$ кг/с зерновой ворох остаётся в секциях стрясной доски при рассматриваемых высотах продольных гребёнок, а при $q > 4$ кг/с зерновой ворох переходит в крайние секции, что влечёт за собой увеличение коэффициента вариации. Высота продольных гребёнок $h=0,13$ м оказалась достаточной для предотвращения перераспределения зернового вороха при крене молотилки $\alpha=10^\circ$ для подачи хлебной массы до $7,2$ кг/с, которая почти равна номинальной подаче хлебной массы для зерноуборочного комбайна 4 класса.

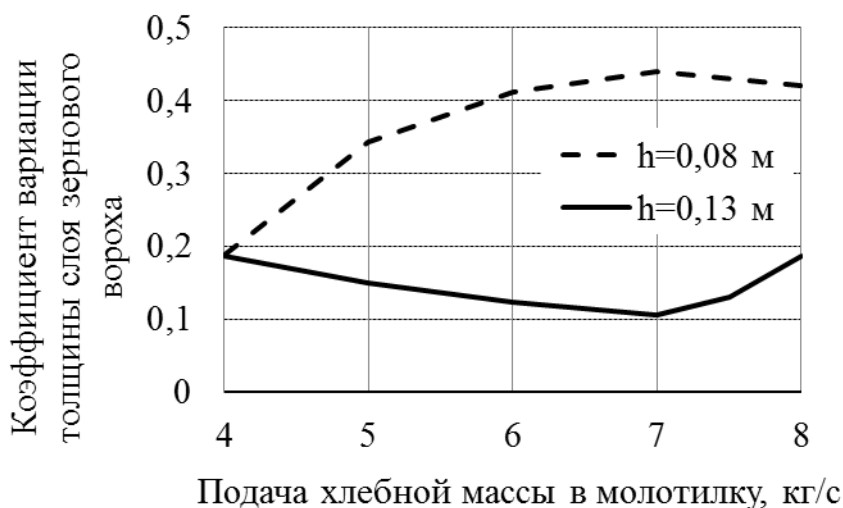


Рис. 4. Неравномерность распределения зернового вороха в зависимости от подачи хлебной массы ($\alpha=10^\circ$)

Содержание соломистой фракции в хлебной массе также влияет на распределение зернового вороха по ширине стрясной доски. Вычислительные эксперименты, проведённые для рассматриваемого диапазона соломистости, показали, что для зерноуборочного комбайна третьего класса ($q=6,0$ кг/с) высота продольных перегородок 0,13 м оказалась достаточной, а для зерноуборочного комбайна четвертого класса при $\beta>0,58$ коэффициент вариации начинает увеличиваться (рис. 5), что означает перераспределение зернового вороха между секциями стрясной доски (рис.6).

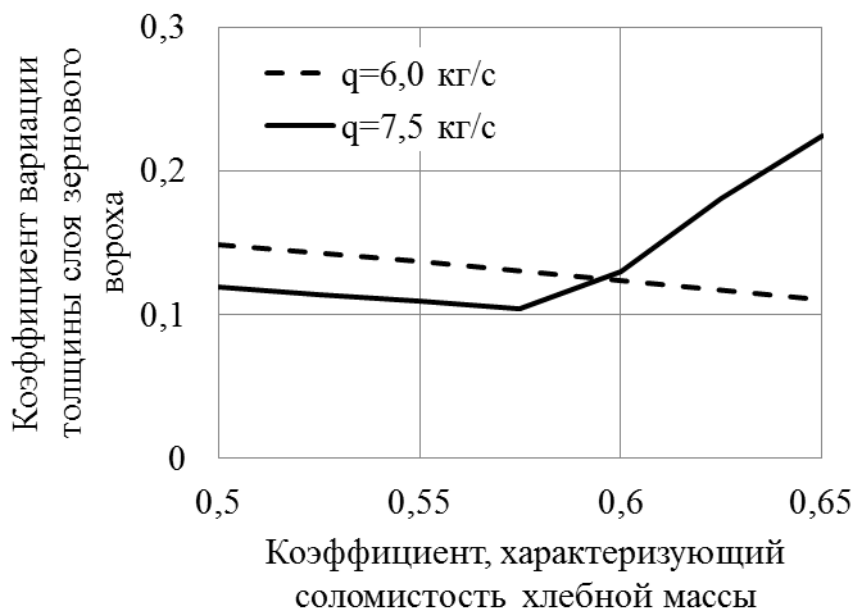


Рис. 5. Неравномерность распределения зернового вороха в зависимости от соломистости хлебной массы ($h=0,13$ м, $\alpha=10^\circ$)



Рис. 6. Распределение зернового вороха по ширине стрясной доски при $q=7,5\text{кг/с}$ и $h=0,13\text{м}$: а) $\beta=0,58$; б) $\beta=0,65$

Выводы

1. При работе зерноуборочного комбайна на склонах на распределение зернового вороха, находящегося на стрясной доске системы очистки, оказывают влияние продольные перегородки.

2. Для снижения неравномерности распределения зернового вороха, поступающего на верхнее решето системы очистки, высота продольных перегородок для зерноуборочных комбайнов третьего и четвертого классов должна быть не менее $0,13\text{ м}$.

Список литературы

1. Яшутин, Н.В. Предпосылки и направления совершенствования систем земледелия на Алтае в современных условиях / Н.В.Яшутин, В.И.Бивалькевич // Организация рационального использования и охраны сельскохозяйственных земель Алтайского края в современных условиях: тр. четвертой регион. науч.-практ. конф. Барнаул, 2001. С. 232-240.

2. Поляков, Г.Н. Классификация и анализ технологии уборки зерновых колосовых культур / Г. Н. Поляков, П. А. Болоев // Вестник ИрГСХА. 2014. №64. С. 107-113.

3. Гаевая, Э. А. Продуктивность севооборотов на эрозионноопасных склонах Ростовской области / Э. А. Гаевая, И. В. Сафонова // Зерновое хозяйство России. 2014. №3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.zhros.ru/num33\(3\)2014/14Gaev.html](http://www.zhros.ru/num33(3)2014/14Gaev.html).

5. Котов, А.В. Совершенствование системы очистки зерноуборочного комбайна при уборке зерновых на склонах /А.В.Котов, В.П.Чаус //Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2010. №2(41). С.3-10.

6. Ситников, А. А. Сравнительный анализ систем очистки косогорного зерноуборочного комбайна / А. А. Ситников, С. Ф. Сороченко, В. А. Дрюк // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. №3.С. 35-38.

7. Boettinger S, Fliege L. Working performance of cleaning units of combine harvesters on sloped fields. Conference: Agricultural Engineering: Land TechnikAgeng. 2011. № 2124. Pp.63-68.

8. Максимчук, В. К. Исследование влияния неравномерности загрузки молотилки комбайна по ширине на качественные показатели работы зернового комбайна: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Омск, 1972. 26 с.

9. Сороченко, С. Ф. Модель сепарации зерна в системе очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна / С. Ф. Сороченко // Ползуновский вестник, 2014. №4/2. С. 64-69.

10. Сороченко, С. Ф. Математическая модель сепарации зерна в системе очистки косогорного зерноуборочного комбайна / С. Ф. Сороченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. №12 (158). С. 134-140.

11. Сороченко С.Ф. Механико-технологические основы создания системы очистки зерноуборочного комбайна для работы на склонах: автореф. дис. ... док.техн.наук. Барнаул, 2018. 39 с.

12. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2015610315. Расчёт параметров системы очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна / Сороченко С. Ф., Самойлов С. С.; правообладатель АлтГТУ. дата гос. регистрации: 12.01.2015.

13. Сороченко, С.Ф. Конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов, предназначенных для работы на склонах / С.Ф. Сороченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. №9 (143). С. 158-164.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРУЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

С.Ф. Сороченко, В.А. Угаров, Н.М. Чуклин

Алтайский государственный технический университет имени И.И.Ползунова

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований загрузочной системы зерноочистительной машины. Исследования проведены на лабораторном стенде. Обоснована конструкция загрузочной системы.

Ключевые слова: зерноочистительная машина, загрузочная система, распределительное устройство, неравномерность распределения, эксперименты, лабораторный стенд.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE LOADING SYSTEM OF THE MACHINE OF CLEANING OF GRAIN

S.F. Sorochenko, V.A. Ugarov, N.M. Chuklin

Polzunov Altai State Technical University

Summary. The article presents the results of experimental studies of the loading system of the grain cleaning machine. Studies conducted on a laboratory bench. The design of the loading system is justified.

Keywords: machine of cleaning of grain, loading system, distribution device, the uneven distribution, laboratory stand.

Введение

Важнейшая задача сельскохозяйственного машиностроения заключается в повышении эффективности работы машин агропромышленного комплекса. Одним из решений является создание зерноочистительной машины с

повышенной эффективностью сепарации материала путем увеличения равномерности распределения потока материала по ширине машины.

Цель работы: повышение эффективности работы машины предварительной очистки зерна за счёт обеспечения равномерного распределения зернового материала по ширине машины при загрузке.

Работа выполнена в Студенческом конструкторском бюро АлтГТУ при поддержке АО «Алтайский завод сельскохозяйственного машиностроения» (г. Барнаул).

Обоснование загрузочной системы

На основании анализа, выполненного по патентной и технической литературе, определены два типа устройств по распределению зернового материала по ширине зерноочистительной машины.

Первый тип, широко используемый в очистительных машинах, – применение шнеков, установленных в загрузочной горловине. **К недостаткам применения распределительного шнека** относятся: при наличии в зерновом материале камней происходит заклинивание и поломка шнека; повреждение зернового материала; применение электропривода для вращения шнека, приводящее к затратам энергии.

Второй тип – это применение пассивных распределителей зернового материала: установкой направителей [3] или зигзагообразных каналов [4]. В устройстве по полезной модели №152547[3] накопительный бункер снабжён ступенчатым рассекателем, состоящим из стенок, расположенных под углом относительно друг друга. Исследования, проведённые А.А. Ахматовым [5], показали, что равномерное распределение зернового материала по ширине зерноочистительной машины обеспечивается при вертикальной подаче по центру бункера. Пассивные устройства лишены недостатков, присущих первому типу, поэтому применение пассивных распределителей зернового материала вызывает интерес и может быть использовано при разработке конструкции зерноочистительной машины.

На основании проведённого анализа принят пассивный тип распределителя. Проведены исследования двух вариантов загрузочной системы.

1 вариант (сравниваемый). Загрузочная система зерноочистительной машины содержит загрузочную горловину 1, делители потока материала 2, установленными под углом относительно друг друга, причём один из делителей потока материала расположен выше другого, под делителями потока материала наклонно к горизонту установлена скатная пластина 3 с расположенными на ней направителями 4 материала, под которой расположен рассекатель потока 5 (рис. 1).

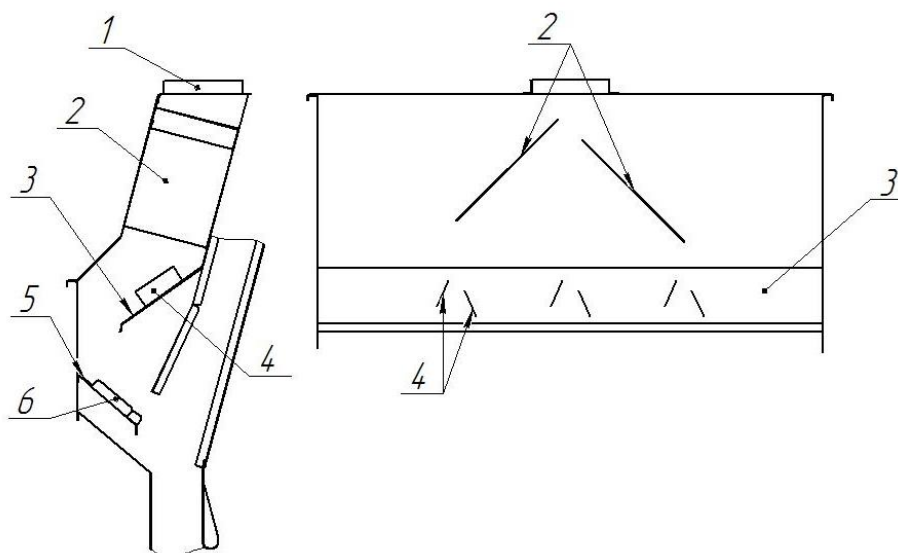
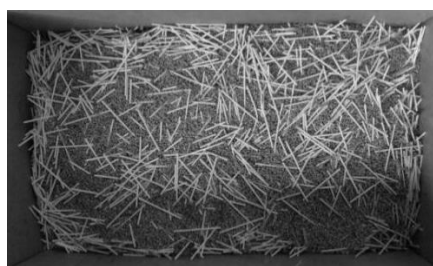


Рис. 1. Загрузочная система по первому варианту (расшифровка позиций – в тексте)

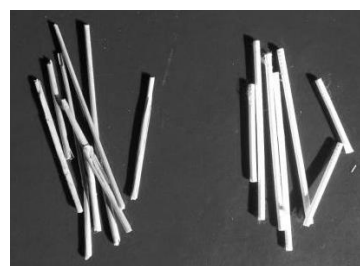
2 вариант (предлагаемый). Загрузочная система зерноочистительной машины содержит загрузочную горловину, накопительный бункер, в котором установлены делители потока, причём делители потока материала установлены с образованием зигзагообразного канала по высоте. Для лучшего распределения зернового материала по ширине машины делители потока имеют скатные поверхности, направляющие материал к боковым стенкам машины. Сыпучий зерновой материал, перемещаясь по делителям потока, расширяется, равномерно распределяясь по всей ширине зерноочистительной машины. Преимущества предлагаемой системы: наличие крупных примесей (камней) в зерновом материале не нарушает технологический процесс работы машины; отсутствие делителей потока, установленных с зазором друг относительно друга (как в первом варианте) предотвращает нарушение технологического процесса.

Методика проведения экспериментов

Исследуемый материал - семена пшеницы сорта «Алтайская 325» (масса 1000 семян – 38-42 г.); крупные примеси – 0,5-1,0 % (в качестве заменителя крупных примесей применены полипропиленовые палочки диаметром 2,5 мм, длиной 80мм, имеющие схожие физико-механические свойства с солоmistыми примесями – плотность, размерные и аэродинамические свойства). Замена растительных примесей пропиленовыми палочками позволила проводить опыты многократно. Масса зернового материала – 35 кг. Подачу зернового материала поддерживали в интервале от 14,0 до 15,0 кг/с (от 50,4 до 54,0 т/ч).



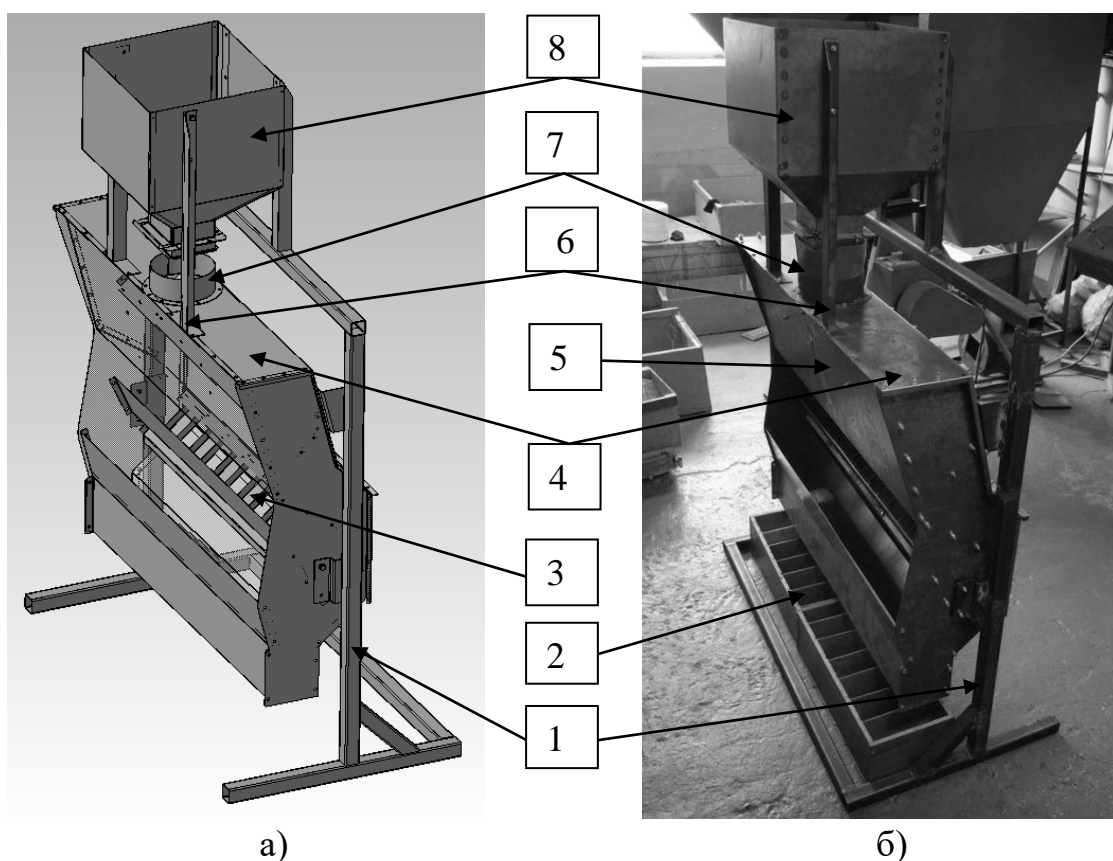
а)



б)

Рис.2. Исследуемый материал: а – зерновой материал; б - примеси растительного происхождения (слева), полипропиленовый заменитель (справа)

Разработан комплект конструкторской документации, включающий пространственную модель (рис. 3,а). Изготовлен опытный образец станда (рис.3, б).



а)

б)

1 - рама; 2- приемник зернового материала; 3 - направитель; 4 - корпус; 5 – скатная пластина; 6 - кронштейн; 7 - горловина; 8 - бункер;

Рис.3. Экспериментальный стенд: а – пространственная модель, б - опытный образец

Приемник зернового материала разделён на 13 секций (ширина каждой секции – 0,095 м), рис.4.

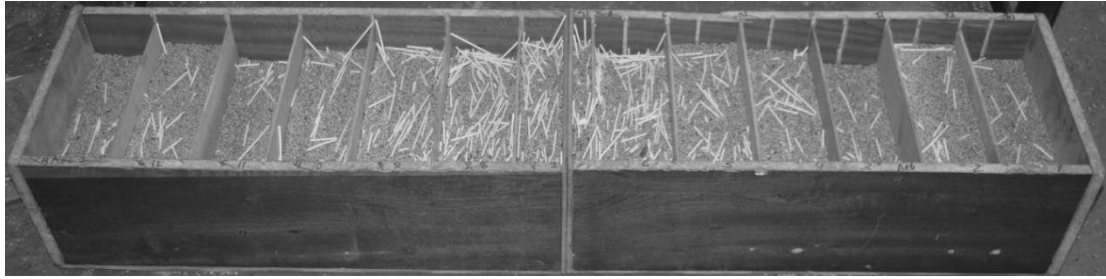


Рис.4. Приёмник зернового материала

Высоту зернового материала измеряли в каждой секции с двух сторон линейкой с точностью 0,5 см. Распределение зернового материала по ширине машины оценивали с помощью коэффициента вариации.

$$V_h = \frac{\sigma_h}{\bar{h}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где σ_h - среднее квадратичное отклонение высоты зернового материала, м;

\bar{h} - средняя высота зернового материала в ячейках, м.

Повторность опытов принята равной трём.

Результаты исследований

Результаты исследований загрузочной системы по первому варианту приведены на рисунках 5-7.

Начальная установка делителей потока 2 (см. рис. 1) – под углом 45° к вертикальной плоскости; делители разделяли входное окно по площади на три равные части. Результаты исследования приведены на рис.5. Установка делителей на разной высоте исключает сводообразование, при этом наблюдается достаточно большая неравномерность распределения исследуемого зернового материала по ширине машины (средний коэффициент вариации равен 0,28).



Рис. 5. Распределение зернового материала по ширине сепаратора при начальной установке делителей потока

Изменение расположение делителей потока, применение дополнительных устройств позволило несколько улучшить распределение зернового материала, однако коэффициент вариации снизился незначительно.



Рис. 6. Распределение зернового материала по ширине сепаратора (делители смещены к боковым сторонам на 10 мм, средний коэффициент вариации равен 0,27)

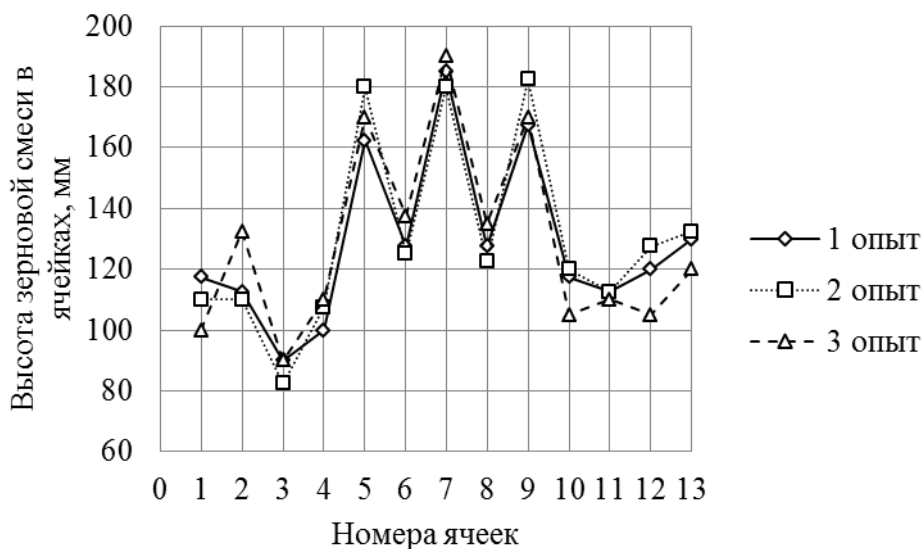


Рис. 7. Распределение зернового материала по ширине сепаратора (делители смещены к боковым сторонам на 10 мм, на скатной пластине 3 установлены стержни высотой 120 мм с шагом 150 мм симметрично относительно центральной оси на расстоянии 90 мм от края пластины, средний коэффициент вариации равен 0,24)

Выявлено, что зерновой материал при прохождении загрузочной системы разгоняется, установка делителей потока 2 (см. рис. 1) на разной высоте устраняет возможность образования затора материала, однако добиться

равномерного распределения зернового материала по ширине машины чрезвычайно сложно (минимальный коэффициент вариации толщины слоя зернового материала равен 0,24). При этом рациональное положение делителей потока зависит от вида обрабатываемого материала, содержания примесей, влажности обрабатываемого зернового материала, что приводит к дополнительным настройкам загрузочной системы в зависимости от указанных факторов.

В связи с этим, было принято решение изменить загрузочную систему, применив зигзагообразный канал с каскадным расположением делителей потока (второй исследуемый вариант). Результаты исследований приведены на рис. 8. Как видно из представленных данных, распределение зернового материала в загрузочной системе, выполненной по второму варианту, улучшилось, коэффициент вариации снизился до 0,11, что меньше, в сравнении с первым вариантом, в 2,2 раза. Зерновой материал распределяется по всей ширине сепаратора (рисунок 9).

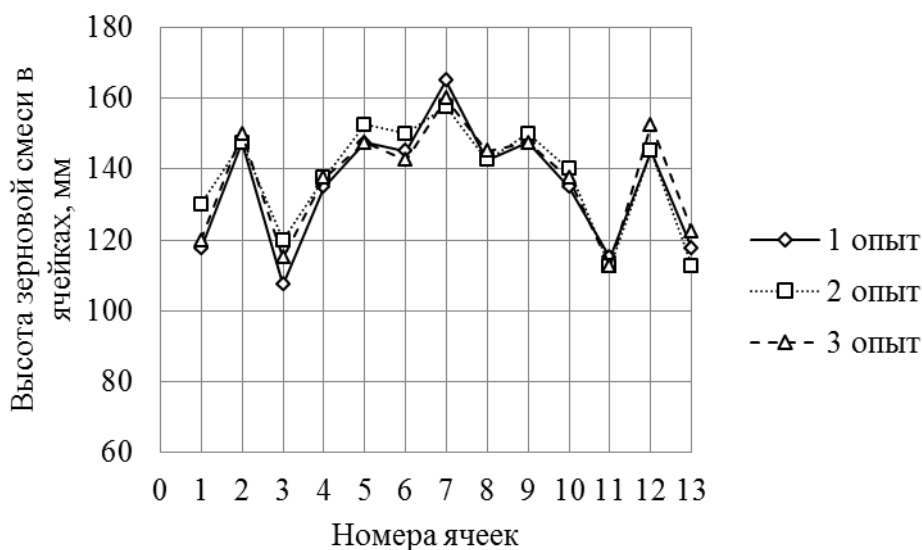


Рис. 8. Распределение зернового материала по ширине сепаратора по второму варианту (средний коэффициент вариации равен 0,11)

Выводы

1. Равномерное распределение зернового материала по ширине машины достигнуто в загрузочной системе с установкой делителей потока в накопительном бункере с образованием зигзагообразного канала по высоте, причём делители потока имеют скатные поверхности, направляющие зерновой материал к боковым стенкам машины.

2. Коэффициент вариации толщины слоя зернового материала в предлагаемой конструкции загрузочной системы в сравнении с известной конструкцией снижен в 2,2 раза.

Благодарность: АО «Алтайский завод сельскохозяйственного машиностроения» (г. Барнаул), генеральному директору Филидовой Татьяне Викторовне за поддержку при выполнении работы.

Список литературы

1. МПО-50: описание, назначение, принцип действия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fb.ru/article/283275/мпо--описание-назначение-принцип-действия> (дата обращения: 22.05.2018).

2. Окнин, Б.С. Машины послеуборочной обработки зерна / Б.С. Окнин. М.: Наука, 1987. 238 с.

3. Пат. на полезную модель 152547 РФ, МПК А01F 12/44. Зерноочистительная машина / Пономарев С.М.; заявитель и патентообладатель ООО «Ромакс». - №201413367/13; заявл. 15.08.2014; опубл. 10.06.2015.

4. Пат. 2525265 РФ, МПК А01F12/44. Пневмосепаратор зерна / Иванов Н.М., Топоров В.Р., Орлов А.А., Михайлов И.В., Николашкин В.И., Сеницын В.А.; заяв. и пат. обл. Государственное научное учреждение сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства российской академии сельскохозяйственных наук. - №2013111107/13; заявл. 12.03.2013; опубл. 10.08.2014, Бюл. №22.

5. Ахматов, А.А. Совершенствование процесса распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин / А.А. Ахматов. М.: Наука, 2018. 20 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОБЛЕМ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ ВНЕДРЕНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ДОРОГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е.С. Стрекова, А.В. Горбачев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. Материал статьи посвящен проблемным вопросам и ситуациям, возникающим при внедрении и эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации. В процессе анализа были выявлены проблемы в таких сферах, как: морально-этической, климатической и географической, социально-экономической, технико-технологической и законодательной. Составлена классификация возникающих проблем, а также подтверждена гипотеза – Проводить масштабное внедрение и эксплуатацию беспилотных автомобилей на дорогах РФ на современном этапе развития страны – невозможно и преждевременно.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, беспилотный автомобиль, эксплуатация беспилотных автомобилей, проблемы, классификация проблем, мораль, уровень жизни, безработица, бюджет, страховые выплаты, экономика, климат, техника, дорожно-транспортные происшествия, законодательство, Российская Федерация.

CLASSIFICATION OF THE PROBLEMS, OF OBSTACLING THE IMPLEMENTATION AND OPERATION OF UNCLEANED CARS ON THE ROAD OF THE RUSSIAN FEDERATION

E.S. Strekova, A.V. Gorbachev

Altai State Technical University. I.I. Polzunova

Abstract. The article is devoted to issues and situations arising from the introduction and operation of unmanned vehicles on the roads of the Russian Federation. In the process of analysis, problems in moral and ethical, climatic and geographical, socio-economic, technical, technological and legislative spheres were revealed. Compiled classification of problems that arise, and also confirmed the hypothesis -It is impossible and premature to carry out large-scale implementation and operation of unmanned vehicles on the roads of the Russian Federation at the present stage of the country's development.

Keywords: *intelligent transport systems, unmanned vehicle, operation of unmanned vehicles, classification of problems, morality, standard of living, unemployment, budget, insurance payments, economy, climate, equipment, road accidents, legislation, Russian Federation.*

В проекте плана мероприятий раздела «Информационная инфраструктура» программы «Цифровая экономика» предполагается до конца 2021 г. обеспечить покрытие объектов транспортной инфраструктуры беспроводными сетями передачи данных. В числе прочего, эти сети должны быть совместимы с зарубежными аналогами для связи «подключенных автомобилей» и беспилотного транспорта. Это необходимо, в частности, для развития «современных интеллектуальных логистических и транспортных технологий» [1].

Неоспорим тот факт, что глобализация, происходящая не только в политике, но и в мировой экономики, увеличение оборота транспортных потоков, а также масштабная компьютеризация пространственных процессов требуют интеллектуальной поддержки управления этими процессами.

Общепризнанный в международной практике термин «Интеллектуальные транспортные системы» (ИТС) является, новым направлением в науке, технике и бизнесе. На современном этапе развития внедрение интеллектуальных систем в сферы экономики и общественной жизни, в том числе и на транспорте является актуальным и заслуживает внимания.

Целью статьи является выявление проблемных вопросов и ситуаций, которые возможны при масштабном внедрении и эксплуатацией беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации, а также последующая их классификация.

Для достижения цели, был поставлен комплекс задач, а именно: рассмотреть функциональную характеристику интеллектуальных транспортных систем применительно к наземно-транспортным комплексам; дать определение понятию «беспилотный автомобиль»; спрогнозировать основные проблемы, которые могут возникнуть при внедрении и эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации; разработать классификацию этих проблем [2].

В процессе написания статьи была сформулирована гипотеза - Проводить масштабное внедрение и эксплуатацию беспилотных автомобилей на дорогах РФ на современном этапе развития страны – невозможно и преждевременно.

Прогнозная аналитика в области интеллектуальных логистических и транспортных технологий и в частности актуализация внимания на возможных проблемах *позволит, используя данные, заглянуть в вероятное будущее* процесса внедрения и эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации и провести мероприятия по информатизации транспортной инфраструктуры более эффективно.

Характеризуя интеллектуальные транспортные системы применительно к наземно-транспортным комплексам, дадим следующую формулировку: ИТС - это автоматизированный комплекс аппаратно-программных средств, осуществляющих: сбор информации о текущем состоянии транспортной сети; обработку полученной информации с целью принятия решений по управлению движением транспорта; передачу управляющих сообщений пользователям транспортной сети [3].

Таким образом, на основании рассмотренной функциональной характеристики информационной транспортной системы мы можем предположить, что: беспилотный автомобиль — транспортное средство, оборудованное ИТС и передвигающееся без участия человека. Основными целями функционирования беспилотных автомобилей являются: обеспечение комфорта и безопасности движения; минимизация материальных и финансовых издержек при движении в транспортной сети; информационное обеспечение участников движения о текущей ситуации в транспортной сети, а также обеспечение экологических условий на транспорте.

Классификацию проблем, препятствующих внедрению и эксплуатации беспилотных автомобилей на территории России, начнём с моральных аспектов.

При масштабном внедрении и эксплуатации беспилотных автомобилей возникает вопрос: Кто будет нести ответственность в случае инцидентов связанных с ДТП?

В подобных случаях обычно вся ответственность лежит на водителе. Водитель принимает решение за доли секунды и, зачастую, неосознанно. В редких случаях на его решение успевают повлиять эмоции или рациональные рассуждения. Компьютеру на анализ подобной ситуации и принятие решения требуется гораздо меньше времени, но у него отсутствует эмоциональный интеллект. Он действует согласно строго сформулированным правилам и не может от них отступить, если это не предусмотрено заранее.

Отсюда возникает другой, не маловажный вопрос: Как должен вести себя робот в тех случаях, когда человек действует неосознанно, по наитию? Для подтверждения актуальности поставленных вопросов и опасений, связанных с предупреждением опасности, которую может нести создание искусственного интеллекта, а так же внедрением беспилотных автомобилей необходимо привести результаты исследования Массачусетским технологическим институтом проведенного в июне 2016 г. [4].

Респондентам предлагали ответить на вопросы о том, как должен повести себя автопилот автомобиля в различных аварийных ситуациях:

- а) сбить одного прохожего, чтобы избежать наезда на нескольких пешеходов?
- б) отклониться от пешехода, нанося вред своему собственному пассажиру?
- в) отступить от нескольких пешеходов, причинив вред собственному пассажиру?

Рисунок 1 наглядно представляет ситуацию, когда водитель беспилотного автомобиля может столкнуться с неизбежным выбором.

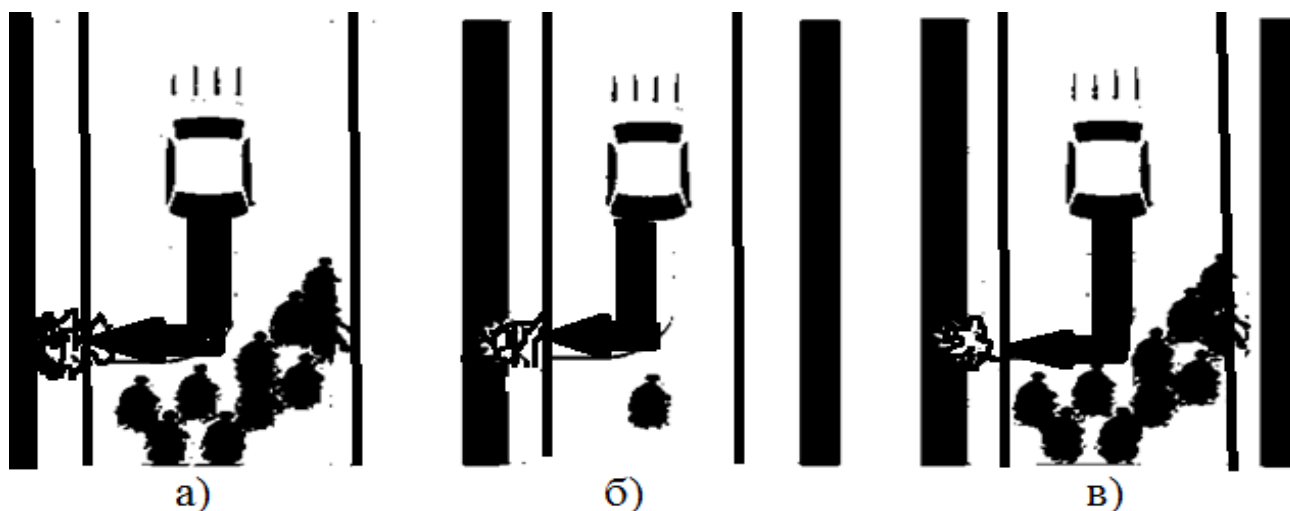


Рис. 1. Предлагаемые варианты поведения водителя беспилотного автомобиля в различных аварийных ситуациях [4]

Оказалось, мнение людей о том, как должен вести себя автопилот автомобиля, зависит от того, на месте пешехода или пассажира представляет себя и своих близких опрашиваемый. Большинство людей хотят, чтобы водители беспилотника берегли своих пассажиров любой ценой.

Все согласны, что по дорогам должны ездить наиболее безопасные для окружающих автомобили, но сами люди не готовы приобрести подобный автомобиль и не рекомендовали бы подобную покупку своим родным и близким.

Таким образом, моральные нормы и собственный интерес вступают во внутренний конфликт.

И так, все перечисленные выше проблемные вопросы по внедрению и эксплуатации беспилотных автомобилей можно объединить и обозначить как, морально-этические проблемы.

Климатические и географические проблемы можно обосновать следующими факторами:

1) Сложные погодные условия в виде осадков затрудняют работу датчиков и могут привести к неверной оценке ситуации автопилотом, что с высокой вероятностью повлечёт за собой аварийную ситуацию;

2) При движении часть времени автомобиль находится в зоне ограниченной дорожной разметки, которую при выпадении снега может быть

не видно, и если человек за рулем автомобиля легко справится с этим неудобством, то автопилот может не различить дороги и обочины.

Эти факторы также обуславливают необходимость учитывать специфику каждого конкретного региона и вносить соответствующие поправки в работу автопилота.

Повсеместное и масштабное распространение беспилотных автомобилей могут обернуться и неожиданными коллизиями. Приведем примеры проблемных ситуаций вероятность возникновения, которых может быть обоснована. Их можно интерпретировать, как социально-экономические проблемы.

1) Уровень жизни и степень расслоения общества по доходам. Имеющий в своём распоряжении беспилотный автомобиль должен быть платежеспособен, вовремя проводить техническую диагностику и соответствующий ремонт, чтобы минимизировать риск возникновения аварий.

2) Безработица. Каждый новый беспилотный автомобиль в парке компании будет эквивалентен одному уволенному водителю. Таким образом, огромное число людей, занятых в сфере управления автотранспортом, останутся без работы. Некоторые страны с высокой безработицей (как Индия) уже заявили о запрете автономного вождения с целью сохранения рабочих мест на транспорте.

3) Бюджетные поступления. Огромное количество финансовых средств поступают сегодня от масштабного внедрения камер видеофиксации нарушений на дорогах. Эта статья бюджетного пополнения может оказаться под серьезной угрозой, ведь все тестируемые и разрабатываемые сегодня БПТС в обязательном порядке запрограммированы на неукоснительное соблюдение всех ПДД, в том числе скоростного режима.

4) Страховые выплаты. Масштабное распространение и активное использование беспилотных автомобилей внутри страны выгоднейшим образом скажется на прибыли страховщиков.

Например, стоимость стандартного полиса КАСКО на автомобиль среднего класса (130 л.с., объем двигателя до двух литров), оснащенный системами для беспилотного управления, может составить не менее 300 тысяч рублей в год – против текущих 30-50 тысяч рублей – для водителя со средним стажем в 4-7 лет. Придется пересмотреть принцип действия и ценообразования на полисы обязательного автострахования ОСАГО.

Напомним, обычная страховка обходится сегодня тем дороже, чем меньше стаж вождения у водителя, и, следовательно, тем выше вероятность его попадания в ДТП, расходы на которое должны будут покрыть страховщики [5].

Необходимо уделить внимание проблемным ситуациям, которые могут возникнуть при эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах РФ.

В авиации небо разделили на эшелоны, и полеты стали проходить в автоматическом режиме. Распространение скоростных пригородных и междугородних поездов таких как, «Спутник», «Сапсан» заставило проложить дополнительные пути. В городе автобус тоже становится удобен и привлекателен, только когда ему дают выделенную полосу.

Автомобилю-беспилотнику требуется дорога с датчиками, радарам и даже, возможно, с диспетчерами. Ему нужен паркинг, где может не быть освещения, но необходима система оповещения о свободных местах. Нужны свои АЗС и терминалы оплаты проезда на платных трассах [6].

Автономный транспорт будет требовать высокоскоростного подключения к мобильным сетям, большого объема трафика данных, что, в свою очередь, приведет к модернизации современной телекоммуникационной инфраструктуры.

Следующей проблемой, является невозможность экстренного технического обслуживания. Так, например, замена колеса при отсутствии водителя будут вызывать существенные трудности. Исходя из этого, можно ожидать возникновения большого числа выездных автосервисов, и пока невозможно предположить какую-либо альтернативу этим услугам.

Одной из ключевых проблем, препятствующих активной эксплуатации беспилотных автомобилей в России, является отсутствие в нашей стране собственных промышленных технологий по программному обеспечению и аппаратной части.

Из вышеизложенного вытекает вывод: проблемы, связанные с отсутствием на территории РФ «умных» дорог, специализированного полигона и специального оборудования для корректного, а также полноценного испытания автономных автомобилей, отсутствие отечественной компонентной базы и промышленных программных решений для автономно и дистанционно управляемых автомобилей, можно классифицировать, как технико-технологические проблемы.

Помимо технологических вызовов, для перехода к массовому использованию автономных автомобилей предстоит решить множество вопросов, в том числе на уровне законодательного регулирования.

Очевидными фактами в нормативно-правовой системе РФ, препятствующими внедрению и эксплуатации беспилотных автомобилей, являются то, что на законодательном уровне не существует определения статуса автономных колёсных транспортных средств, области их применения, условия эксплуатации, процедуры регистрации, учёта и технического осмотра. Не определены квалификационные требования к водителю/пассажиру, дистанционному оператору и системе более высокого уровня. Не существует нормативной документации по процедуре и методам сертификационных испытаний беспилотных автомобилей.

Таким образом, внедрение и эксплуатация беспилотных автомобилей на территории России сдерживается в результате практического отсутствия отечественного законодательства в этой области.

В подтверждении сделанному выводу, приведём выдержку из заявления Председателя Правительства РФ Дмитрий Медведев, сделанного им в марте 2017 года на расширенной коллегии Министерства промышленности и торговли: «Готовы ли мы к тому, что беспилотные автомобили, автобусы выйдут на улицы? Не только с человеческой точки зрения, но хотя бы с нормативной точки зрения? Конечно, не готовы. Нормативных актов нет» [7].

Результаты проведенного исследования можно представить через табл.1.

Таблица 1

Классификация проблем, препятствующих внедрению и эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации

№	Наименование проблем	Характеристика основных проблемных ситуации, которые могут возникнуть при внедрении и эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации.
1	Морально-этические проблемы	<p>В случае инцидентов связанных с ДТП обычно вся ответственность лежит на водителе. Водитель принимает решение за доли секунды и, зачастую, неосознанно. В редких случаях на его решение успевают повлиять эмоции или рациональные рассуждения. Компьютеру на анализ подобной ситуации и принятие решения требуется гораздо меньше времени, но у него отсутствует эмоциональный интеллект. Он действует согласно строго сформулированным правилам и не может от них отступить, если это не предусмотрено заранее.</p> <p>По результатам исследования выяснилось, что мнение людей о том, как должен вести себя автопилот автомобиля, зависит от того, на месте пешехода или пассажира представляет себя и своих близких опрашиваемый. Большинство людей хотят, чтобы водители беспилотника берегли своих пассажиров любой ценой.</p> <p>Таким образом, моральные нормы и собственный интерес вступают во внутренний конфликт.</p>
2	Климатические и географические проблемы	<p>Сложные погодные условия затрудняют работу датчиков и могут привести к неверной оценке ситуации автопилотом, что с высокой вероятностью повлечёт за собой аварийную ситуацию.</p> <p>При движении, часть времени автомобиль находится в зоне ограниченной дорожной разметки, которую при выпадении снега может быть не видно, и если человек за рулем автомобиля легко справится с этим неудобством, то автопилот может не различить дороги и обочины. Эти факторы также обуславливают необходимость учитывать специфику каждого конкретного региона и вносить соответствующие поправки в работу автопилота.</p>
3	Социальные и экономические проблемы	<p>Имеющий в своём распоряжении беспилотный автомобиль должен быть платежеспособен, вовремя проводить техническую диагностику и соответствующий ремонт, чтобы минимизировать риск возникновения аварий.</p> <p>Каждый новый беспилотный автомобиль в парке компании будет эквивалентен одному уволенному водителю. Таким образом, огромное число людей, занятых в сфере управления автотранспортом, останутся без работы.</p> <p>Статья бюджетного пополнения от масштабного внедрения камер видеофиксации, может оказаться под серьезной угрозой, ведь все тестируемые и разрабатываемые сегодня БПТС в обязательном порядке запрограммированы на неукоснительное соблюдение всех ПДД, в том числе скоростного режима. Также вырастит прибыль страховщиков.</p>

№	Наименование проблем	Характеристика основных проблемных ситуации, которые могут возникнуть при внедрении и эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации.
4	Технические и технологические проблемы	<p>Отсутствие в нашей стране собственных промышленных технологий по программному обеспечению и аппаратной части.</p> <p>Автомобилю-беспилотнику требуется дорога с датчиками, радарам и даже, возможно, с диспетчерами. Ему нужен паркинг, где может не быть освещения, но необходима система оповещения о свободных местах. Нужны свои АЗС и терминалы оплаты проезда на платных трассах. Беспилотному автомобилю необходимо общаться не только с себе подобными, но и со светофорами, с «зебрами», со всей остальной инфраструктурой.</p> <p>Нет возможности экстренного технического обслуживания и дозаправки беспилотных автомобилей.</p> <p>Современная телекоммуникационная инфраструктура нуждается в модернизации так как автономный транспорт будет требовать высокоскоростного подключения к мобильным сетям и генерировать значительные объемы трафика данных.</p>
5	Законодательные проблемы	<p>На законодательном уровне не существует определения статуса автономных колёсных транспортных средств, области их применения, условия эксплуатации, процедуры регистрации, учёта и технического осмотра. Не определены квалификационные требования к водителю/пассажиру, дистанционному оператору и системе более высокого уровня. Не существует нормативной документации по процедуре и методам сертификационных испытаний беспилотных автомобилей. Также необходимы поправки в профессиональный стандарт по процедуре подготовки водителей, в частности, водителей беспилотных автомобилей.</p>

Резюмируя результаты анализа проблем, связанных с внедрением и эксплуатацией беспилотных автомобилей на дорогах Российской Федерации, а также разработанную в процессе исследования классификацию этих проблем мы приходим к пониманию их актуальности. В свою очередь, выводы, сделанные по ходу исследования, подтверждают гипотезу – Проводить масштабное внедрение и эксплуатацию беспилотных автомобилей на дорогах РФ на современном этапе развития страны – невозможно и преждевременно.

На наш взгляд, для решения вышеозначенных проблем и выполнения майских указов В.В. Путина по программе «Цифровая экономика» в области интеллектуальных транспортных систем необходимо:

- разработать нормативные документы, определяющие основные технологические и юридические понятия в данной сфере. Также, должна быть разработана система регулирования возможностей использования таких технологий в целом;
- стандартизировать ключевые технологии систем автономного вождения;
- определить условия страхования и методы разбора ДТП;
- сформулировать и принять меры по обеспечению кибернетической безопасности;

- гармонизировать законодательство на межгосударственном уровне и определить ответственности в случае инцидентов с беспилотными автомобилями;
- разработать программу экспериментального внедрения ИТС в регионах;
- внести поправки в профессиональный стандарт по процедуре подготовки водителей, акцентируя внимание на водителях беспилотников, а также специалистов по их ремонту и техническому обслуживанию.

Список литературы

1. Королёв, И. Российские дороги покроют беспроводными сетями для беспилотников [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – режим доступа: // http://www.cnews.ru/news/top/2017-1109_rossijskie_dorogi_pokroyut_setyami. – Загл. с экрана.
2. Проектирование автомобиля : учеб. пособие [Текст] / Е.У. Исаев [и др.]. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 260 с.
3. Костюченко, В. В. Интеллектуальные системы управления автомобильным транспортом [Текст] / В. В. Костюченко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4. – № 5-3 (25-3). – С. 256 -261.
4. Bonnefon, J.-F. The social dilemma of autonomous vehicles. [Text] / J.-F. Bonnefon // *Science*. Vol. 352, June 24, 2016, p. 1573.
5. Черногоров, А. Нам нужно менять законодательство для беспилотных авто [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – режим доступа: <http://rb.ru>. – Загл. с экрана.
6. Бром, А. Е. Исследование проблем внедрения беспилотных автомобилей в экономическую среду [Текст] / А. Е. Бром // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2018. – № 1. – С. 23-32.
7. Разин, Э. На расширенной коллегии Министерства промышленности и торговли премьер-министр РФ констатировал, в общем-то, очевидные факты: Россия не готова принять на своих дорогах беспилотники [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – режим доступа: <https://www.avtovzglyad.ru/avto/tehnologii/2017-03-26-dmitrij-medvedev-zajavil-chto-rossija-ne-gotova-k-bespilotnymavtomobiljam>. – Загл. с экрана.

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАТОРОВ АВТОДОРОГ СОВЕТСКОГО РАЙОНА Г. БРЯНСКА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕРВИСА ЯНДЕКС.ПРОБКИ

П.В. Тихомиров, Н.Д. Осипов

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Аннотация. Рассматриваются вопросы применения сервиса (Яндекс.Пробки), для анализа возникновения заторов на автомобильных дорогах.

Ключевые слова: интенсивность движения, пропускная способность, транспорт.

THE ANALYSIS OF EMERGENCE OF JAMS OF HIGHWAYS OF SOVETSKY DISTRICT G. OF BRYANSK WITH APPLICATION OF YANDEX SERVICE. TRAFFIC JAMS

P.V. Tikhomirov, N.D. Osipov

Bryansk state engineering-technological University

Annotation. The issues of application of the service (Yandex.Traffic jams), for the analysis of occurrence of congestion on highways.

Keywords: *traffic intensity, capacity, transport.*

Брянск – город Российской Федерации, расположен на западе России в 370 километрах к юго-западу от Москвы, недалеко от границ с Украиной и Белоруссией. Население Брянска составляет 408 тысяч человек. Город Брянск является узлом нескольких трасс федерального значения, а именно: М3 (трасса, соединяющая столицы России и Украины), М13 (дорога Брянск-Новозыбков-Кобрин), А141 (трасса между городами Орел-Рославль-Рудня).

Одной из проблем, которые существуют в городе являются постоянные заторы на автодорогах. Снижение пропускной способности транспортных средств на автодорогах города негативно влияет на ряд таких факторов как:

- Увеличение аварийности;
- Нарушение работы экстренных и оперативных служб;
- Общее увеличение времени в пути, приносящее экономический ущерб из-за потери времени, опозданий;
- Ухудшение экологии: увеличение шума, расхода топлива, отсюда увеличения выброса вредных веществ;
- Возникновения стресса у водителей и пассажиров и т.д.

Для улучшения ситуации в XX веке задачу решали за счет увеличения количества дорог, что улучшала ситуацию незначительно и ненадолго. Сегодня для решения задач по повышению пропускной способности используют другой подход, заключающийся в проведении ряда мер:

- Постоянный мониторинг (учет пассажиропотока) и регулирование работы общественного транспорта;
- Усовершенствование перекрестков;
- Централизованное управление движением за счет оптимальной настройки светофора;
- Введение одностороннего движения, которое повышает на 20-30% пропускную способность дороги;
- Строительство надземного или подземного пешеходного перехода.
- Расширение дорог с созданием дополнительного пространства для общественного транспорта и (или) двухколесного транспорта и т.п.

Для выполнения приведенных мероприятий необходимо иметь соответствующую информацию, которая позволит улучшить ситуацию с пропускной способностью в городе. В качестве сбора информации необходимой для анализа проводилась при помощи сервиса Яндекс.Пробки,

которая позволяет пользователям видеть в виде картинки загруженность дорог на Яндекс.Картах.

На сегодняшний день в городе Брянске находится в эксплуатации 1113 дорог 1-5 категории, общей протяженностью 818 км, площадью 5 976 тыс. м², в том числе дорог с твердым покрытием - 527,95 км. Сеть автомобильных дорог города находится в крайне изношенном состоянии. Общий процент износа усовершенствованных дорог города Брянска составляет сегодня порядка 65%. В неудовлетворительном состоянии находятся городские искусственные сооружения: мосты, путепроводы. На территории города Брянска находится 21 объект искусственных сооружений: 11 мостов, 5 путепроводов, 3 - эстакады и виадуки, 2 пешеходных перехода. Большинство объектов введено в эксплуатацию в 60-х годах прошлого столетия[2]. Все это влияет на снижение пропускной способности города.

Город Брянск состоит из четырех районов: Бежицкий, Володарский, Советский, Фокинский. Нами был проведен анализ центрального района (Советский район), который находится между всеми районами города, отсюда он является как правило наиболее загруженным как личным транспортом, так и общественным рисунком 1).

В час пик скорость движения по центральным улицам не превышает 30 км/час. Самыми загруженными участками являются: Городищенский поворот, улица Красноармейская, улица Крахмалева и улица Калинина.

На перекрестке Городищенского поворота при слиянии двух улиц Объездная и Бежицкая. Снижение скорости и возникновение заторов возникает в узком месте при слиянии двух потоков, ведущих в Бежицкий район. На данный момент узкий участок расширяют, что в свою очередь должно улучшить ситуацию и снизить напряженность.

Практически на протяжении всей улицы Красноармейская снижена скорость транспортных средств даже в выходные дни. Средняя скорость составляет 10-15 км/ч в течение выходного дня, в будни снижается до 7 км/ч в вечернее время (конец рабочего дня). Ситуация не значительно была улучшена даже после расширения улицы с капитальным ремонтом, проведенным в 2005 году.

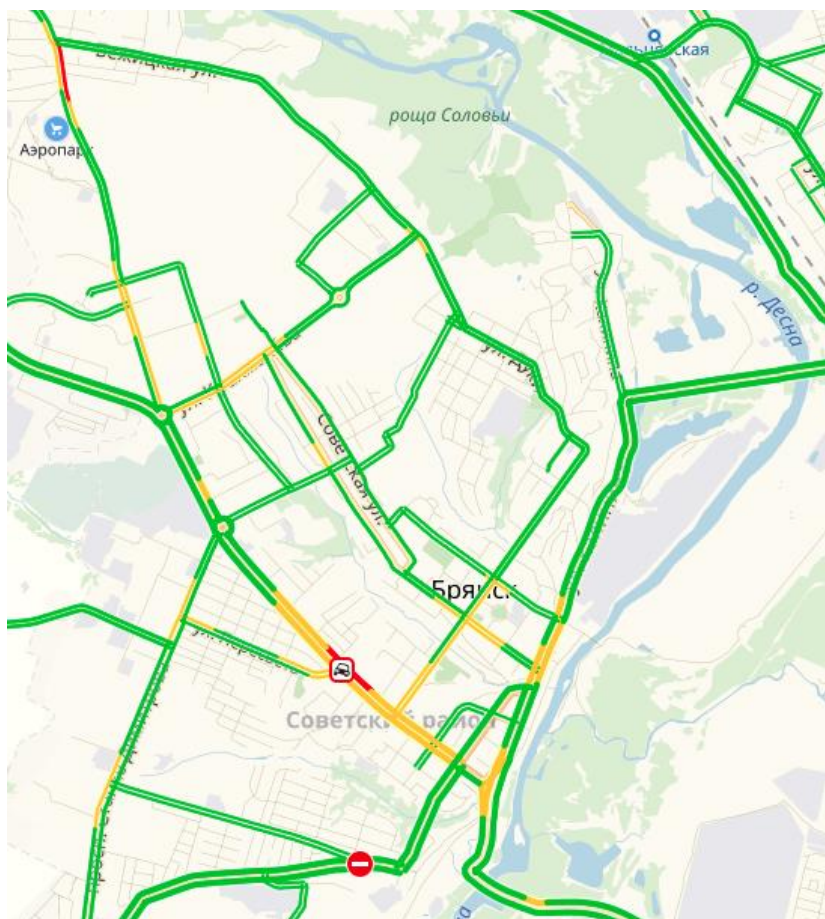


Рис. 1. Сеть дорог Советского района г. Брянска

На улице Крахмалева самый загруженный участок составляет около 1 км пути. Начало снижения пропускной способности начинается от перпендикулярной ул. Советской с односторонним движением. Через 500 метров от указанного участка дороги происходит еще снижение скорости, которое связано с имеющимся перекрестком. Средняя скорость в выходные дни составляет около 20-25 км/ч.

Улица Калинина соединяет три района одновременно: Советский, Володарский и Фокинский. Из-за отсутствия на данной территории дублирующей улицы, постоянно возникают заторы и снижения пропускной способности в рабочие дни, в выходные дни такой проблемы, как правило, не наблюдаются.

Рассмотрим ряд причин влияющих на возникновения заторов на приведенных участках:

- историческая застройка, которая была рассчитана на значительно меньшую пропускную способность автомобильного потока;
- отсутствия достаточного количества парковочных мест, что, в свою очередь, вынуждает жителей оставлять автомобили на краю проезжей части, занимая целые полосы;
- наличие пересечений поперечных и продольных магистральных улиц;

•слабый (практически отсутствует) учет пассажиропотока, который позволил бы корректировать или изменять общественный транспорт со средней и большой вместимостью[3];

•наличие большого количества малой вместимости коммерческого транспорта для перевозки пассажиров и т.д.

Проведенный анализ позволяет визуально обнаруживать места заторов в Советском районе г. Брянска. Рассмотренное техническое решение позволяет понять и улучшить ситуацию при применении комплексных мероприятий: учет пассажиропотока; снижение количества пассажирского общественного транспорта малой вместимости; грамотная реконструкция дорог и зданий; создания парковочных мест, не мешающих проезду транспорта на дорогах; улучшение работы светофоров. Таким образом, в результате применения технического решения (Яндекс.Пробки), полученные данные можно применять при проведении комплексных мер, что благоприятно скажется на всей городской дорожной сети в целом.

Список литературы

1. Скорикова, М.И. Перспективы развития дорожной инфраструктуры Брянской области за счет создания (строительства) универсальных предприятий по обслуживанию грузовых автомобилей / М.И. Скорикова, П.В. Тихомиров // Проблемы и перспективы развития современного транспортно-технологического комплекса: 1-ая студенческая кафедральная конференция (апрель-май 2015 г.) / под ред. В.Н. Лобанов, П.В. Тихомиров.- Брянск: ООО «Новый проспект», 2015.- С. 51-52.

2. Брянская городская администрация. Постановление от 30 декабря 2015 года N 4536-п: Об утверждении муниципальной программы города Брянска "Повышение безопасности дорожного движения в городе Брянске" на 2016-2020 годы [Электронный ресурс]//<http://docs.cntd.ru/document/974039093>.

3. Кочегаров, Д.А. Проблемы развития современной логистики и методы ее совершенствования/ Д.А. Кочегаров, Л.М. Пантюшин, В.А. Лисютин, П.В. Тихомиров // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2016. - Т. 3. № 1. - С. 422-426.

МОДЕРНИЗИРОВАННОЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗРЫХЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ СТРУКТУР

М.М. Тлехурай, Б.Ф. Тарасенко

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени
И.Т. Трубилина»*

Аннотация. Представлен краткий анализ механизированных средств основной обработки почвы, а также схема модернизированного конструктивно-технологического средства для механизированных процессов разрыхления почвенных структур при возделывании озимой пшеницы. Модернизированное средство имеет вид комбинации

рабочих органов для чизелевания, включающих пластины с перфорацией, к которым спереди приварены трубчатые рассекатели с цилиндрическими долотами, а сзади закреплены плоскорезные лапы, и рабочих органов с плужными корпусами.

Ключевые слова: *Обработка почвы, чизельное рыхление, пластины с перфорацией, цилиндрические рассекатели, долота, плоскорезные лапы, плужные корпуса.*

MODERNIZED CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL MEANS FOR MECHANIZED PROCESSES OF THE DISCHARGE OF SOILSTRUCTURES

M.M. Tlekhurai, B.F. Tarasenko

FGBOU VO "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

Annotation. A brief analysis of the mechanized means of basic tillage is presented, as well as a schematic diagram of the modernized structural and technological means for mechanized processes of loosening of soil structures during the cultivation of winter wheat. The upgraded tool has the form of a combination of working elements for chilling, including plates with perforations, to which from the front are welded tube-spreaders with cylindrical chisels, and at the rear fixed flat-topped legs and working bodies with plow bodies.

Keywords: *Soil cultivation, chisel loosening, plates with perforation, cylindrical splitters, chisels, flat-cutting paws, plow shells.*

Правильная и своевременная обработка почвы — важнейшее условие возделывания озимой пшеницы. Характер обработки зависит от особенностей предшественников, влажности почвы и степени ее засоренности. Обработка должна быть ресурсосберегающей, ее назначение — обеспечить противоэрозионную устойчивость почвы, сохранение влаги, выравнивание почвы, уничтожение сорняков, а также заделки остатков растений [1]. Поэтому исследования по решению указанных проблем актуальны.

Механизированные процессы почвообработки существующие в настоящее время имеют несовершенства из-за применения многооперационности и большой номенклатуры машин. Технологические приемы и технические средства обработки почвы характеризуются наращиванием энергетических затрат, которые резко обозначают энергетическую проблему [2]. Экологическая проблема связана с качеством обработки почвы. От качества обработки зависит эффективное накопление и использование почвенной влаги [3], а также поражение растений фузариозом, из-за которого потери урожая могут составлять от 30 до 40%. Нахождение на поверхности или в поверхностных слоях почвы зараженных фузариозом растительных остатков после минимальной обработки сильно увеличивают вероятность заражения растущих растений. Это означает, что можно уменьшить риск заражения, запахивая остатки растений в почву, где они быстрее разлагаются.

В связи с чем, нами поставлены следующие **задачи исследований.**

1. Кратко проанализировать технические средства обработки почвы.
2. Разработать модернизированное конструктивно-технологическое средство для механизированных процессов разрыхления почвенных структур.

3. Осуществить моделирование усовершенствованного плуга в 3D формате.

Реализация задач исследований осуществлена следующим образом.

Анализ, известного почвообрабатывающего средства [4], включающего навесную раму и смонтированные на её главной балке рабочие органы, при этом каждый из них содержит пластинчатую стойку, которая имеет башмак с накладным долотом, пару крепящихся к стойке парой болтов подрезающих крыльев (лап), причем в одно из крепежных отверстий пары подрезающих лап вставлены втулки, с эксцентриковым смещением, причем величина эксцентрика определяется возможностью установки крыльев на минимальный и максимальный угол крошения при противоположном их развороте, а пара подрезающих крыльев имеет возможность дискретного перемещения по высоте вдоль стойки по соответствующим отверстиям, а также совместную установку пары подрезающих крыльев с отвалом через проставки над ними, показал следующие преимущества и недостатки.

1. Преимущества данного средства – это способность перенастраиваться на выполнение различных операций таких как: щелевание, чизелевание, сплошное подрезание, а при установке отвала отвальная обработка почвы.

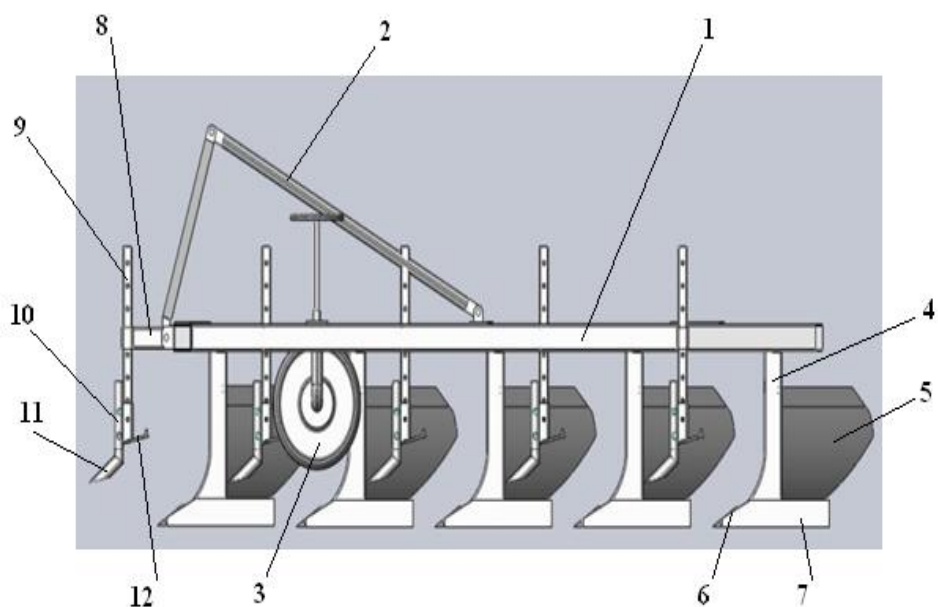
2. Недостатками данного почвообрабатывающего средства являются: высокие затраты энергии, в связи с тем, что при работе с отвалом возникает реактивная сила из-за высокой нагрузки на отвал и стойку корпуса от боковых сил (изгибающего момента), в том числе, в связи с тем, что отвал размещается впереди долота; необходимость разуконплектации в связи со съёмом отвала, определения его на хранение и в последующем установкой отвала.

Анализ, плуга, навесной модели ПЛН-5-35 также показал следующие преимущества и недостатки.

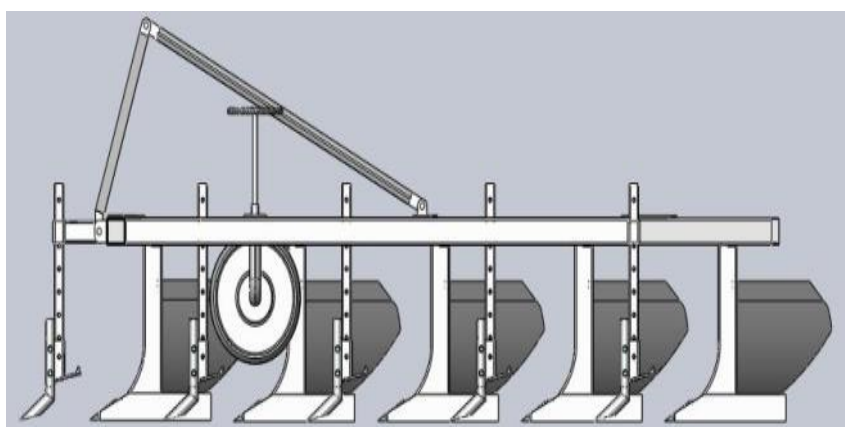
1. Преимущества данного плуга – широкое применение в РФ; высокая надёжность и простота обслуживания.

2. Недостатками плуга являются: низкие функциональные возможности и эксплуатационная надёжность плуга из отсутствия возможности обеспечения плоскорезной обработки почвы, разуплотнения плужной подошвы и проведения глубокого рыхления, из-за быстрого затупления или износа лемеха и проблемами его замены и заточки; высокие затраты энергии из-за высокой нагрузки на полевую доску и стойку корпуса от боковых сил (изгибающего момента), а также из-за высокого тягового сопротивления почвы конструктивным элементам плуга; высокая металлоёмкость из-за обеспечения необходимых прочностных показателей конструктивных элементов корпуса.

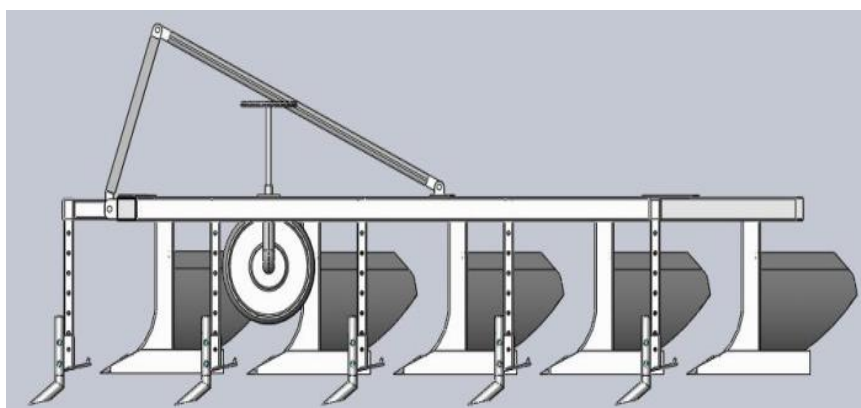
На основании поисковых исследований, с целью повышения функциональных возможностей плуга без разуконплектования и эксплуатационной надёжности, снижение затрат энергии и металлоёмкости, нами разработано и предлагается следующее конструктивно-технологическое средство для обработки почвы, показанное схематично на рис.1, 2.



а



б



в

а, б, в – долото установлено на половину глубины вспашки; долото установлено на глубину вспашки, а плоскорезная лапа на половину; долото установлено на глубину больше глубины вспашки, а лапа на всю глубину вспашки соответственно

Рис.1.Схема модернизированного средства для обработки почвы (вид сбоку)

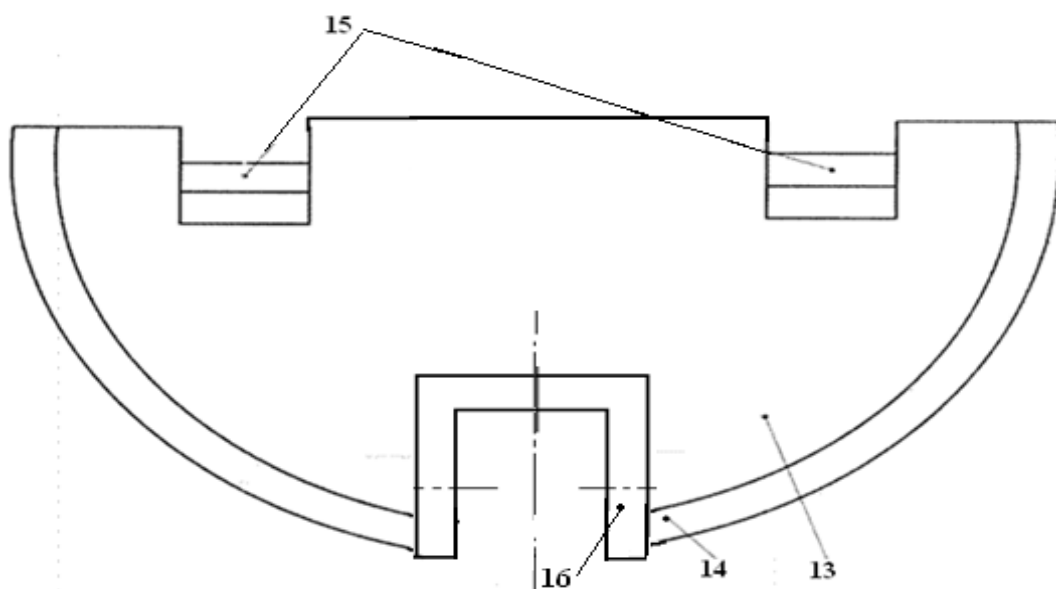


Рис. 2. Вид сверху плоскорезной лапы 12 (повернуто)

Универсальное модернизированное средство для обработки почвы включает сварную раму 1 с навеской 2, опорным колесом 3 с винтовым механизмом. Рама 1 состоит из основной и продольной балок трубчатого сечения. На продольной балке крепятся державки корпусов, к которым болтами закреплены лемешные корпуса, содержащие стойки 4, отвалы 5, лемеха 6, полевые доски 7. На раме 1 также жестко закреплены грядили 8, оснащенные на конце приваренными пластинчатыми П-образными кронштейнами, в которых закреплены болтами чизельные рабочие органы, включающие пластины 9 с перфорацией, причем спереди к пластинам 9 приварены трубчатые рассекатели 10, оснащенные внизу цилиндрическими долотами 11. Цилиндрические долота 11 установлены под углом 38-40°, а их пята отстоит от поверхности почвы на 10-13°. К пластине 9 сзади также под углом 10-13° крепится плоскорезная лапа 13 выполненная согласно патенту РФ №2468558 [5], оснащенная заточкой 14 с углом заточки 25°, ворошителями 15 отогнутыми под углом 30° и приваренным креплением 16.

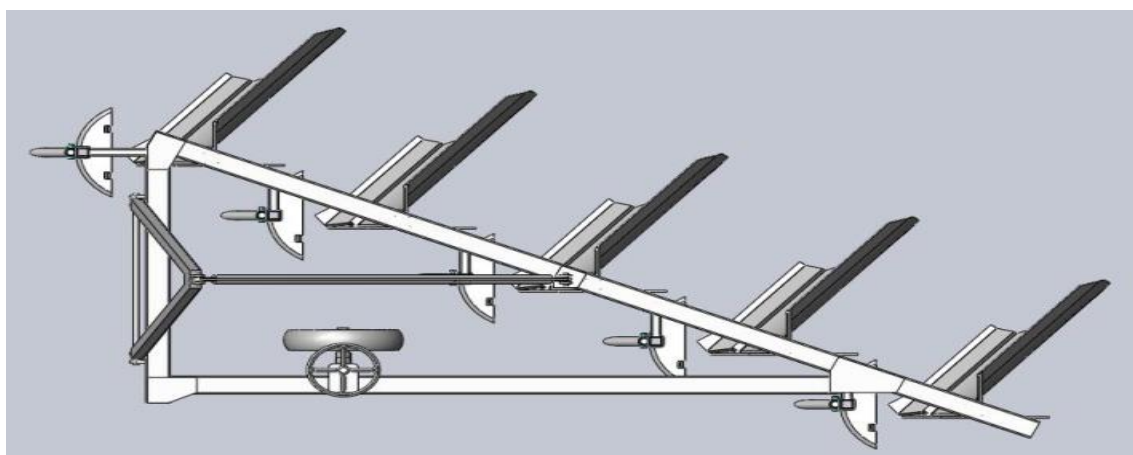
Работа осуществляется следующим образом. Вначале обработка почвы осуществляется чизельным рабочим органом: цилиндрическими долотами 11, трубчатыми рассекателями 10 и плоскорезной лапой 13, которые безотвально рыхлят почву, разделяя ее на 4-ре куска. Затем при проходе 1-го корпуса правая сторона (если смотреть сзади) работает как обычный плуг, подрезает почву лемехом и отбрасывает её отвалом вправо, а левая сторона подрывает почву и отбрасывает её влево под 2-ой корпус, который захватывает уже подорванную почву, перемешивает ее с новой порцией почвы, отрезанной правым лемехом 2-го корпуса и отбрасывает отвалом вправо как обычный плуг. Последний корпус готовит почву для следующего прохода под 1-й корпус и все повторяется.

При этом при скорости обработки и коэффициенте удельного сопротивления при вспашке близкой к первичным требованиям равным (9-12 км/ч и 50-150 КПа) оптимальный диаметр трубчатого рассекателя 10

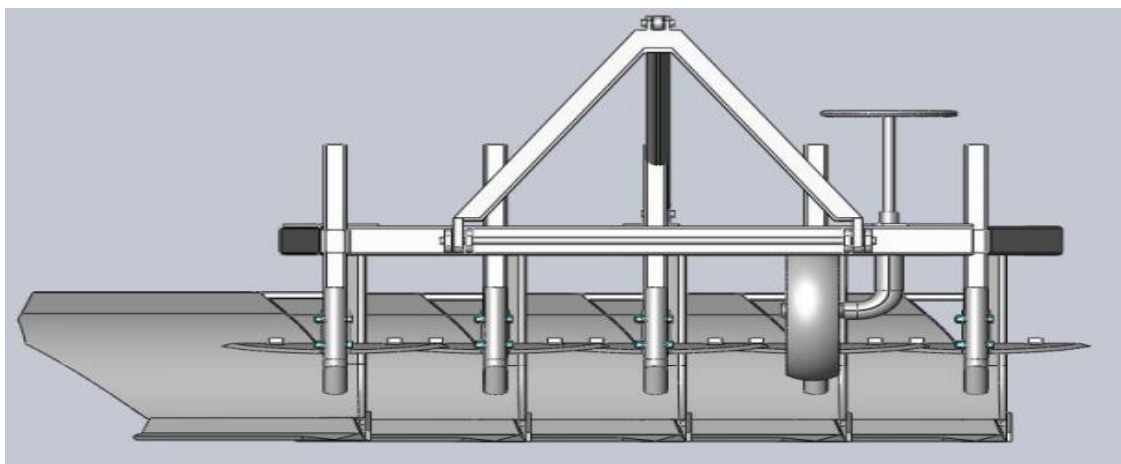
обеспечивающий минимум тягового сопротивления составляет 85-100 мм. А длина цилиндрических долот 11 – определена согласно геометрии 280-300 мм. Глубина обработки чизельным рыхлителем без отвала до 60 см, а с отвалом – 30-45 см, т.е. на 10-15 см ниже; ширина захвата плоскорезной лапы – 500 мм.

Таким образом, плуг можно настраивать на выполнение различных технологий отвальной и безотвальной технологии не разукomплектовывая, причем при отвальной обработке вместо лемеха применено долото 11, которое можно устанавливать на разную заданную глубину обработки при помощи пластины 9 с перфорацией.

Моделирование в формате 3D необходимо для разработки проектной документации. Преимущество данного метода в том, что в распоряжении конструктора есть объёмная модель. На рисунках 3.1 и 3.2 с помощью трёхмерной графики (создания изображений или видео путём моделирования объёмных объектов в трёхмерном пространстве) представлены элементы модернизированного конструктивно-технологического средства для механизированных процессов разрыхления почвенных структур при возделывании озимой пшеницы.

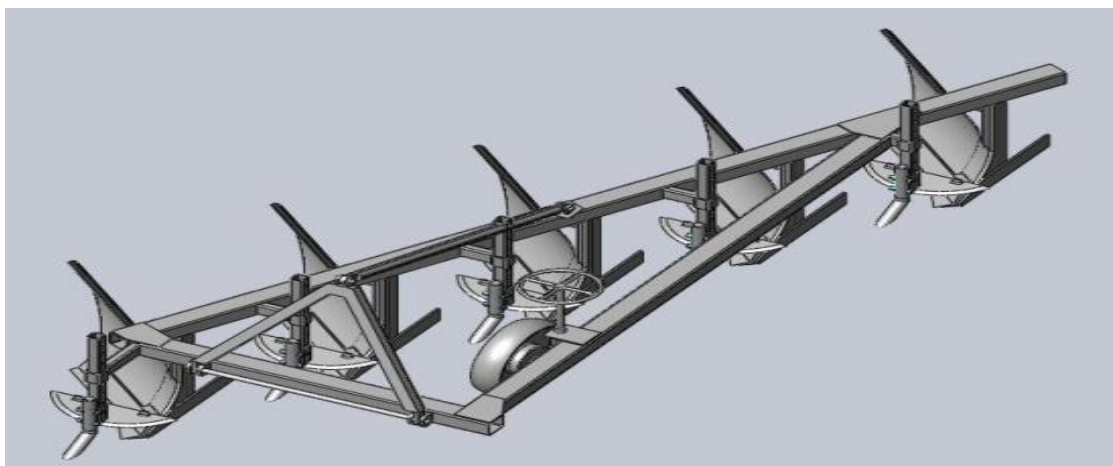


а

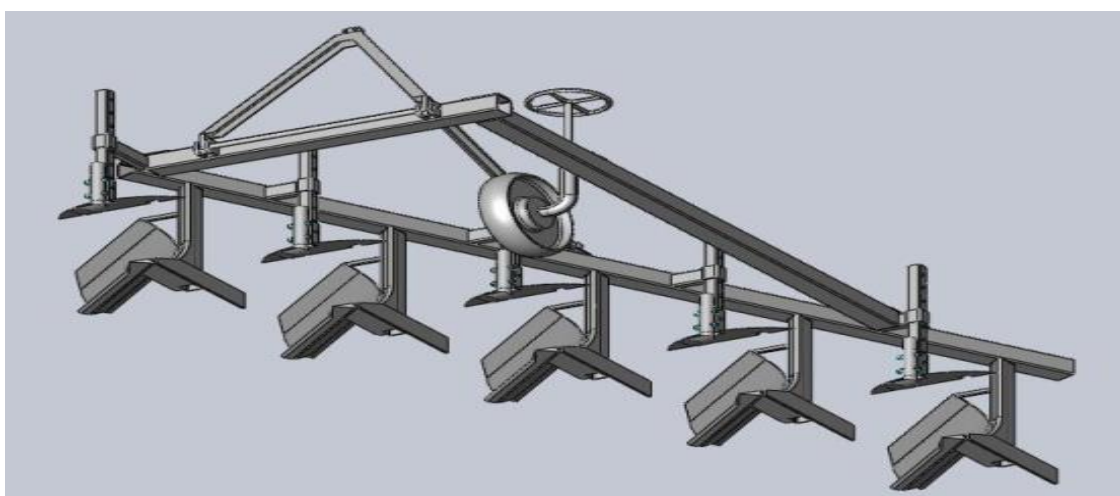


б

Рис.3.1. Объёмные модели плуга
а, б– различные ракурсы (сверху,спереди)



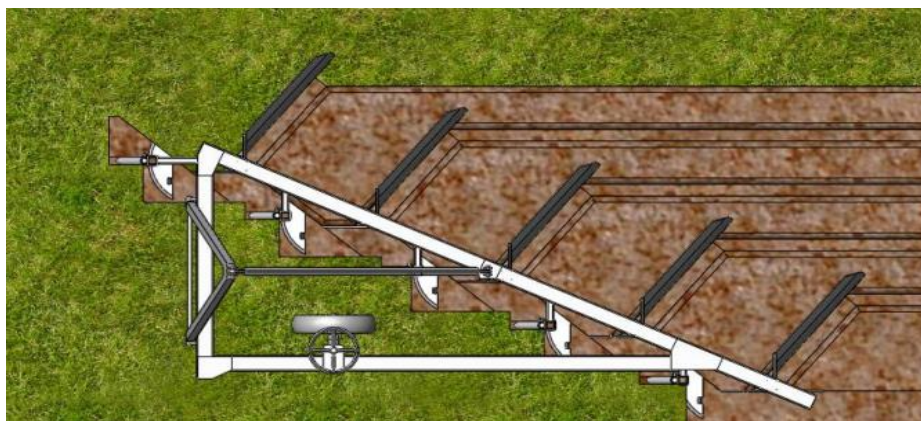
а



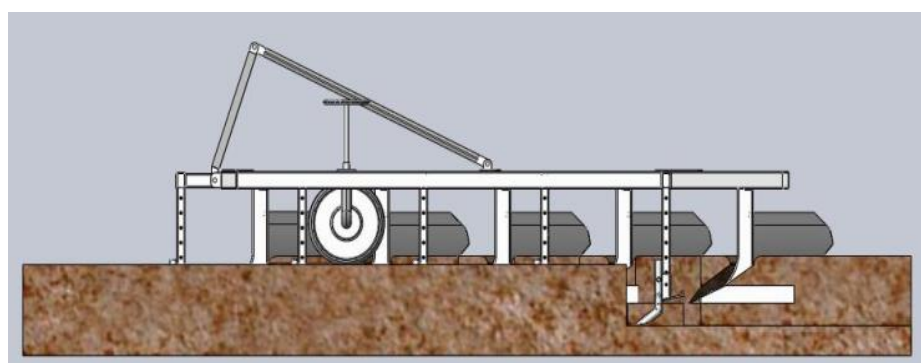
б

Рис.3.2. Объемные модели плуга
а, б– различные ракурсы (сбоку, снизу)

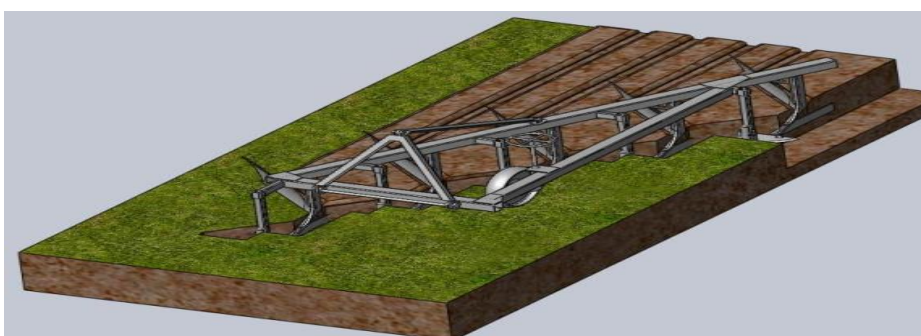
На рис.4 показаны схемы разрезов почвы при работе плугов.



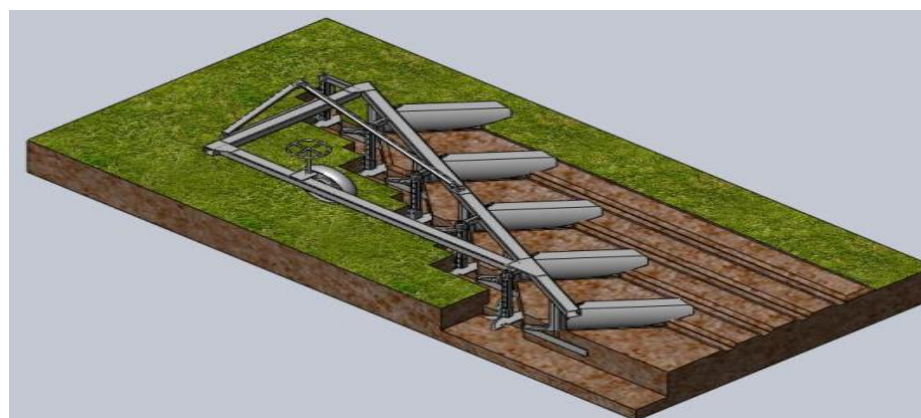
а



б



в



г

а, б, в, г, д – различные ракурсы
Рис. 4. Схемы разрезов почвы при работе плугов

Согласно объёмной модели картинка полностью меняется – объект разворачивается под другим углом, так что можно увидеть его расположение и местонахождение других объектов относительно главной фигуры. Сложные геометрические построения в 3D-формате легко читаемы и вполне понятны.

Выводы

1. Предложено модернизированное конструктивно-технологическое средство для обработки почвы.
2. Применение универсального средства для обработки почвы обеспечивает повышение функциональных возможностей плуга и эксплуатационной надёжности, а также снижение затрат энергии и металлоёмкости.
3. Осуществлено моделирование в 3D-формате, благодаря геометрическим построениям облегчается работа конструктора при проектировании.

Список литературы

1. Тарасенко, Б.Ф. Конструктивно-технологические решения энергосберегающего комплекса машин для предупреждения деградации почв в Краснодарском крае: монография / Б. Ф. Тарасенко; КубГАУ – Краснодар, 2012. – 280 с.
2. Оськин С.В., Тарасенко Б.Ф. Имитационное моделирование при формировании эффективных комплексов почвообрабатывающих агрегатов – еще один шаг к точному земледелию: монография/ С. В. Оськин, Б. Ф. Тарасенко. - Краснодар: КубГАУ, 2014.- 287 с.
3. Оськин, С.В. Имитационное моделирование при анализе эффективности почвообрабатывающих агрегатов / С.В. Оськин, Б.Ф. Тарасенко, В.Н. Плешаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета 2014. – №102 (08). – 24 с.
4. Патент РФ №2399177, А01В 13/14. Почвообрабатывающее орудие / И.Б. Борисенко, В.П. Павленко, С.Ю. Кондаков и др.; патентообладатель ООО "Энерготехмаш-ПРОМ", ГНУ НВ НИИСХ РАСХН; опубл. 20.09.2010. Бюл. № 26.
5. Патент РФ №2468558, МПК А01В35/20 А01В39/20. Устройство для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Моргунов; патентообладатель ФГБОУ ВПО КубГАУ; опубл. 10.12.2012.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ДВУХРОТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ В АЛТГТУ ИМ. И.И. ПОЛЗУНОВА

А.Н. Токарев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. Предложена конструкция двухроторного двигателя внутреннего сгорания разработанная в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова. Двигатель имеет вал, на котором жестко закреплены два ротора, ротор компрессора и ротор турбины, вращающиеся в корпусе двигателя. Между роторами находится камера сгорания с газораспределительным механизмом.

Ключевые слова: роторный двигатель, ротор, турбина, газораспределительный механизм, корпус двигателя

DEVELOPMENT OF ENGINE TWO-ROTOR AIGTU

A.N. Tokarev

Altai State Technical University

Abstract. The construction of two-rotor internal combustion engine developed in the Altai State Technical University. I.i., Jsc. The motor has a shaft on which the fixed permanently two rotors, compressor rotor and turbine rotor rotating in the motor housing. Between the rotors is the combustion chamber with a distribution mechanism.

Keywords: *rotary engine, rotor, turbine, valvetrain, motor casing.*

В наше время автомобильный транспорт оснащается в основном бензиновыми, реже дизельными двигателями внутреннего сгорания. Наибольшее распространение получили четырехтактные поршневые двигатели внутреннего сгорания. Существует огромное количество различных модификаций поршневых двигателей. Но поршневые двигатели обладают рядом недостатков, основным из которых является сравнительно невысокий коэффициент полезного действия, т. к. из всех четырех тактов полезным является лишь один - такт рабочего хода. Существует альтернатива в виде двухтактного поршневого двигателя, где уже 50% рабочего процесса является полезной работой. Но такие двигатели не подходят по экологическим нормам нашего времени, потому что в процессе работы помимо углеводородов сгорают и смазочное масло, причем сгорает эта смесь не полностью [1].

Альтернативой поршневому двигателю является роторно-поршневые и роторные двигатели внутреннего сгорания. Компания Mazda устанавливает на некоторые модели своих автомобилей роторно-поршневые двигатели Ванкеля, которые, в свою очередь, показывают очень высокие мощностные показатели при малых рабочих объемах. Но и они не совершенны и обладают рядом недостатков, такими, как высокий расход топлива, низкие экологические показатели вследствие конструктивной сложности выполнения уплотнений, хотя при всем этом являются перспективными двигателями и обладают большими предпосылками к совершенствованию.

Одним из вариантов альтернативных двигателей является автомобильный электродвигатель. Такая силовая установка имеет достаточно большое количество преимуществ по сравнению с двигателем внутреннего сгорания. Например, максимальный крутящий момент доступен с минимальных оборотов и уменьшается с их увеличением, поэтому отпадает необходимость в сложных и дорогостоящих коробках переключения передач. Также двигатель не имеет вредных выбросов в атмосферу и обладает высоким коэффициентом полезного действия. Основными препятствиями для массового использования электромобилей являются дорогостоящие аккумуляторные батареи, долгое время их заряда, очень небольшое количество электрических заправочных станций и малая дальность поездок без подзарядки.

В борьбе за экологичность и уменьшение расхода топлива производители автомобильных двигателей начали выпускать гибридные силовые установки, которые представляют собой тандем двигателя внутреннего сгорания и электрического двигателя. Но гибридные установки имеют достаточно большие габариты вследствие использования в них поршневых двигателей внутреннего сгорания. Все это приведет к увеличению массы автомобиля, вследствие чего при определенных режимах работы, увеличению расхода углеводородного топлива.

Одним из вариантов уменьшения размеров таких схем является использование роторных или роторно-поршневых двигателей вместо поршневых. В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработана схема перспективного двухроторного двигателя, который имеет неоспоримое преимущество перед конкурентами. В случае с роторно-поршневым двигателем – это простота конструкции, а в сравнении с поршневым – значительно меньшие масса и габаритные размеры [2, 3].

Суть конструкции двигателя состоит в том, что на одном валу жестко закреплены два ротора, ротор компрессора К и ротор турбины Т. Между роторами находится камера сгорания КС с газораспределительным механизмом (см. рис. 1). Подробно конструкция описана в литературе[1,2,3,4].

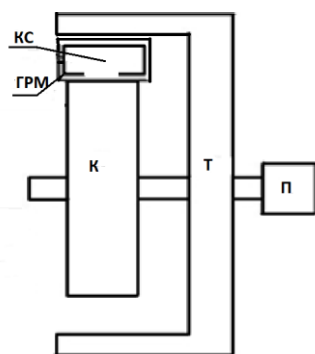


Рис.1. Принципиальная схема роторного двигателя:

К – компрессор, КС – камера сгорания, ГРМ – газораспределительный механизм, Т – турбина, П – потребитель

Работая над конструкцией роторного двигателя, мы особое внимание уделили конструкции компрессорной части двигателя, поскольку она является первоочередной в последовательности работы двигателя. Конструкция компрессора может быть двух типов: со смещением осей ротора компрессора относительно статора и вариант с размещением на внешней поверхности ротора компрессора выступа (см. рис. 2). Вариант со смещением осей (вариант «А.1») широко используется вразличного типа насосах, таких, например, как конструкция масляного насоса в поршневых двигателях. Вариант «А.2» используется реже, но и в этой конструкции проблема уплотнений является также наиболее важной.

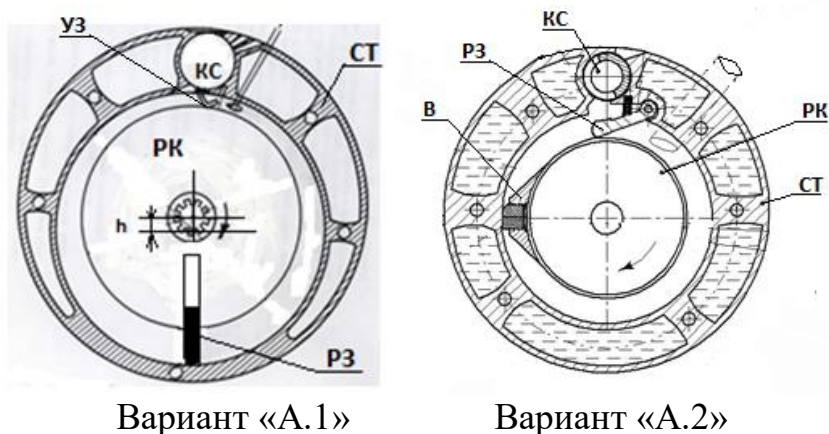


Рис.2. Варианты схем конструкции компрессора:

ПК – ротор компрессора, КС – камера сгорания, PЗ – рабочая заслонка, СТ – статор (корпус двигателя), УЗ –уплотняющая заслонка, В – выступ ротора, h – величина смещения осей

В АлтГТУ были изготовлены физические модели обоих вариантов компрессорной части двигателей. После проведенных испытаний выявлено, что вариант «А.2» более предпочтителен, в основном из-за возможности установки более практичных уплотнений [5].

Конструкция камеры сгорания представляет собой корпус, выполненный в виде цилиндра с впускным и выпускными окнами. Между корпусом двигателя и камерой сгорания располагается вращающийся газораспределительный стакан с перепускным окном, совпадающим по конфигурации с впускным и выпускными окнами корпуса камеры сгорания. Подробно конструкция камеры сгорания и ГРМ описана в литературе [1]. Как и в конструкции компрессорной части двигателя, главной проблемой в конструкции камеры сгорания и ГРМ являются уплотнения. Здесь предлагается использовать пластинчатые и кольцевые уплотнения по типу уплотнений двигателя Ванкеля [6].

Работая над различными вариантами конструкции двух роторного двигателя мы пришли к выводу, что все конструкции могут быть работоспособными, а все их недостатки могут быть устранены путем внесения изменений в их конструкцию.

На сегодняшний день подробно разработана конструкция роторного двигателя по варианту А.1 и А.2. и изготовлены физические модели. Испытания физических моделей показали, что конструкции, в том виде в котором они были сделаны, практически не работоспособны (не дают требуемой степени сжатия), в основном из-за наличия больших утечек воздуха и сложности «разведения» рабочих заслонок.

Сейчас работаем над изготовлением усовершенствованной модели компрессорной части роторного двигателя. Стараемся учесть все выявленные недостатки предыдущих моделей, а также учесть опыт других разработок по роторным двигателям.

Приглашаем к сотрудничеству заинтересованных студентов и аспирантов других вузов. Надеемся на полезную критику и подсказку со стороны любителей конструирования и специалистов по двигателестроению.

Список литературы

1. Токарев А.Н. Роторный двигатель внутреннего сгорания турбокомпрессорного типа. Издат. LAPLAMBERT Academic Publishihg; ФРГ, Немецкая Национальная Библиотека, 2014 – 81 с.
2. Патент РФ № 2351780, МПК F02B 53/08. Роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания / Токарев А.Н., Токарев М.Ю., Бураков А.А., Ефанов А.В., Пожидаев В.В.; опубл. 10.04.2009 г. Бюл. № 10.
3. Патент РФ № 2478803, МПК F02B 53/08. Роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания / Токарев А.Н., Токарев М.Ю., Нешатаев В.В., Сильченко И.А.; опубл. 10.04.2013 г. Бюл. № 10.
4. Патент РФ № 2538990, МПК F02B 53/08. Роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания / Токарев А.Н., Токарев М.Ю., Байкалов М.С., Попов А.С., Сильченко И.А.; опубл. 04.06.2013 г. Бюл. № 1.
5. Токарев А.Н., Дубов Е.А., Горяев А. В., Хлопцев В.В. Исследование величины утечки воздуха в физической модели роторного двигателя турбокомпрессорного типа. В журнале «Ползуновский альманах» №3 Т.1/2017-Алт. гос. техн. ун – т. – Барнаул, 2017.
6. Бениович В.С., Апазиди Г.Д., Бойко А.М. Ротопоршневые двигатели. М., Машиностроение, 1968.
7. Двигатель конструкции Токарева А.Н.: сайт АлтГТУ - <http://www.motor-rotor.altstu.ru/>.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА УНИФИЦИРОВАННОЙ МАШИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Н.М. Филькин, Р.С. Музафаров, Р.Ф. Шаихов, А.А. Заварзин, П.Ю. Каданин,
Ю.А. Чуверов

*«Ижевский государственный технический университет имени М.Т.
Калашникова», «Сарapulьский электрогенераторный завод»*

Аннотация. Представлена общая информация о выполнении проекта по созданию высокотехнологического производства унифицированной машины технологического электротранспорта.

Ключевые слова: *электрический транспорт, технологический электротранспорт, электротележка, электротягач, коммунальная машина.*

DESIGN AND CREATION OF HIGH-TECH PRODUCTION OF STANDARDIZED MACHINE TECHNOLOGY OF ELECTRIC VEHICLE

N.M. Filkin, R.S. Muzafarov, R.F. Shaehov, A.A. Zavarzin, P.Y. Kadanin,
Y.A. Chuverov

«Izhevsk state technical University named after M. T. Kalashnikov», «Sarapulsky electric generator plant»

Abstract. General information on the implementation of the project on the creation of high-tech production of a unified machine for technological electric transport is presented.

Keywords: *electric transport, technological electric transport, electric truck, electric tractor, municipal machine.*

Целью проводимых исследований ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» и АО «Сарапульский электрогенераторный завод» является создание унифицированной машины технологического электротранспорта (УМТЭТ) и организация ее серийного промышленного производства [1, 2, 3, 4, 5].

Продолжительность проекта: с 2016 по 2018 годы.

Основными участниками проекта являются:

- инициатор проекта – Акционерное общество «Сарапульский электрогенераторный завод» (АО «СЭГЗ»);
- головной исполнитель научно-исследовательской опытной конструкторско-технологической работы (НИОКТР) – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»);
- соисполнитель – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт механики УрО РАН» (ИМ УрО РАН).

Проект относится к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации – Транспортные и космические системы и соответствует критической технологии Российской Федерации (Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения). Проект соответствует основным направлениям деятельности Технологической платформы «Экологически чистый транспорт «Зеленый автомобиль»». Организация-координатор платформы: ФГУП «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ».

Проект направлен на решение проблемы конкурентоспособного импортозамещения в сегменте технологического электротранспорта. В результате реализации проекта:

- создана унифицированная машина технологического электротранспорта для транспортировки различных видов грузов и использования ее в качестве тягача на основе экологически чистого электропривода с применением энергосберегающей технологии – рекуперации энергии торможения транспортного средства;
- создана машина технологического электротранспорта для выполнения различных видов работ в цехах на предприятиях машиностроения, легкой и пищевой промышленности, в жилищно-коммунальном хозяйстве, на аэродромах гражданского и военного назначений и в других областях

народного хозяйства;

- расширены функциональные возможности современных средств технологического электротранспорта и области их применения;
- решены вопросы импортозамещения в области технологического электротранспорта.

Ключевые научно-технические и технологические задачи, решаемые созданием высокотехнологичного производства/технологии

- создание платформы УМТЭТ, которую можно использовать для выполнения различных видов работ (в зависимости от вида навесного оборудования) в различных отраслях народного хозяйства;
- создание ряда моделей на базе УМТЭТ для различных предприятий машиностроения, легкой и пищевой промышленности, для жилищно-коммунального хозяйства, для аэродромов гражданского и военного назначений и для других областей народного хозяйства;
- создание высокотехнологичного производства энергосберегающей экологически чистой УМТЭТ и ее моделей.

Задачи, на которые направлен предлагаемый к реализации проект:

- проведение комплекса теоретических, расчетных и экспериментальных исследований создаваемой УМТЭТ;
- разработка конструкторской документации принципиально новой УМТЭТ;
- разработка технологической документации на производство УМТЭТ;
- реорганизация производства под новую УМТЭТ;
- организация высокотехнологичного производства УМТЭТ.

Результатом проекта является конкурентоспособное импортозамещение в сегменте машин технологического электротранспорта на рынке Российской Федерации и СНГ.

Разрабатываемая УМТЭТ создается как новое поколение выпускаемого в России в настоящее время технологического электротранспорта, обеспечивающее экологичность, экономичность и расширение функциональных возможностей и областей его применения.

Разрабатываемая УМТЭТ предназначена для транспортировки различных видов грузов и использования в качестве тягача, а также в качестве унифицированного шасси для выполнения различных видов работ (в зависимости от вида навесного оборудования) в цехах на предприятиях машиностроения, легкой и пищевой промышленности, в жилищно-коммунальном и строительной отраслях, на аэродромах гражданского и военного назначений и в других областях народного хозяйства.

В рамках реализации проекта были развиты следующих научно-технические и технологические направления:

- алгоритмы электронного блока управления электродвигателем на отечественной элементной базе;
- процессы рекуперации электроэнергии с использованием ионисторов отечественного производства;
- новые технические решения конструкции и дизайна рамной несущей

системы, кабины и обвеса;

- новые технологии упрочнения нагруженных элементов конструкции рамы и шасси.

В результате реализации проекта получены следующие научно-технические и технологические результаты создания высокотехнологичного производства:

- новые эффективные электронные блоки управления работой электродвигателей на отечественной элементной базе;

- новое шасси, работающее с учетом навесного технологического оборудования;

- конструкция сопряжения передней навесной плиты с несущей системой, позволяющая реализовать на УМТЭТ дополнительные функциональные возможности;

- конструкция сопряжения задней навесной плиты с несущей системой, позволяющая расширить функциональные возможности УМТЭТ;

- методы оптимизации режимов работы электродвигателя по критерию расхода энергии;

- основы проектирования машин типа УМТЭТ;

- комплекс программных средств проектирования машин типа УМТЭТ;

- комплекс теоретических, расчетных и экспериментальных исследований, позволяющий проектировать машины типа УМТЭТ;

- комплект конструкторской документации принципиально новой УМТЭТ;

- комплект технологической документации на производство УМТЭТ;

- реорганизация производства под УМТЭТ;

- создание высокотехнологичного производства машин типа УМТЭТ;

- расширение функциональных возможностей УМТЭТ.

Теоретические и расчетные исследования, проектирование и конструирование УМТЭТ базируются на классических положениях теории автомобиля [6, 7, 8, 9]. Результаты работы в настоящее время публикуются в российских и зарубежных изданиях, например, работы [10, 11, 12, 13 и др.].

Статья профинансирована из средств субсидии из федерального бюджета с целью реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка и создание высокотехнологичного производства унифицированной машины технологического электротранспорта», реализуемого в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства, в рамках подпрограммы «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора» государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013 - 2020 годы», АО «Сарапульский электрогенераторный завод» и ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» договор от 1 декабря 2015 г. № 02.G25.31.0132.

Список литературы

1. Разработка концепции унифицированной платформы напольного электротранспорта: Промежуточный отчет по договору между ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» и АО «СЭГ»/ Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова; Руководитель работы Н.М. Филькин. – Ижевск: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2015. – 145 с. – Исполнители: Р.С. Музафаров, С.А. Шияев, А.Ф. Мкртчян, М.Р. Габдуллин, Т.Ю. Голуб, Д.В. Скуба, С.Н. Зыков, А.В. Лебедев.
2. Разработка концепции унифицированной платформы напольного электротранспорта: Заключительный отчет по договору между ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» и АО «СЭГЗ»/ Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова; Руководитель работы Н.М. Филькин. – Ижевск: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2015. – 63 с. – Исполнители: Р.С. Музафаров, С.А. Шияев, А.Ф. Мкртчян, В.А. Морозов, М.Р. Габдуллин, Т.Ю. Голуб, Д.В. Скуба, С.Н. Зыков.
3. Филькин Н.М., Музафаров Р.С., Габдуллин М.Р., Скуба Д.В. Проект создания унифицированной машины технологического электротранспорта// Материалы Международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе»/ Том 1 «Модернизация транспортной техники и технологии». – Пермь: ПНИПУ, 2016. – С. 125-130.
4. Филькин Н.М., Музафаров Р.С., Скуба Д.В., Габдуллин М.Р. Технические требования к разрабатываемой унифицированной машине технологического электротранспорта// Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции «Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении». – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2015. – С. 298-301.
5. Филькин Н.М., Шаихов Р.Ф. Разработка требований производственной санитарии к унифицированной машине технологического электротранспорта// Материалы Международной научно-практической конференции «Транспорт: проблемы и перспективы». – Курган: Курганский институт железнодорожного транспорта, 2016. – С. 116-120.
6. Соломатин Н.С., Исаев Е.У., Кисуленко Б.В., Карпов В.М., Ковтун В.В., Кравец В.Н. Проектирование автомобиля. – Тольятти: Издательство ТГУ, 2013. – 259 с.
7. Соломатин Н.С., Исаев Е.У. Метод компоновки рабочего места водителя легкового автомобиля с применением пространственной геометрической модели человека. – Тольятти: Издательство ТГУ, 2014. – 116 с.
8. Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Музафаров Р.С. Теория автомобиля: Учебное пособие. – Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2006. – 272 с.
9. Филькин Н.М., Умняшкин С.В., Громовой С.В. Методы оптимизации мощностных и конструктивных параметров энергосиловой установки транспортной машины по критериям тягово-скоростных свойств и топливной экономичности: Учебное пособие по дисциплине «Теория автомобиля». –

Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. - 116 с.

10. Филькин Н.М., Татаркин А.М. Численные исследования устранения конденсации влаги в кабине унифицированной машины технологического электротранспорта/ Вестник СибАДИ. – 2018. – Том 15, № 4. Сквозной номер выпуска – 62. – С. 538-546.

11. Филькин Н.М., Зыков С.Н., Шаихов Р.Ф., Татаркин А.М. Особенности конструктивных решений размещения и обслуживания накопителей энергии унифицированной машины технологического электротранспорта// Транспорт на альтернативном топливе. – 2018. – № 4 (64). – С. 49-55.

12. Bozek P., Filkin N.M., Zykov S.N., Korshunov A.I., Zavialov P.M. A unified machine for technological electric transport load-bearing system// Acta Logistica - International Scientific Journal about Logistics. - Volume 4, Issue 2, 2017. – Pp.1-5.

13. Filkin N.M., Zykov S.N., Korshunov A.I., Zavialov P.M., Bozek P. A unified machine for technological electric transport ladder-backbone loadbearing system// Acta Logistica - International Scientific Journal about Logistics. - Volume 4, Issue 2, 2017. – Pp.5-8.

О ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ВОИНСКИХ ПЕРЕВОЗОК СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМ ТРАНСПОРТОМ

А.И. Хаустов

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. Для обеспечения передвижения воинских формирований с сохранением преимуществ их перемещения по автомобильным и железным дорогам может быть предложена комбинированная технология перевозок войск специализированным транспортом. В статье проводится оценка обеспеченности транспортной инфраструктурой территорий Арктических регионов, формулируется вывод о проблемах и перспективах применения данной технологии.

Ключевые слова: *передвижение войск, комбинированные перевозки, Арктические регионы, инфраструктура.*

ABOUT THE POSSIBILITY OF COMBINED MILITARY IMPLEMENTATION TRANSPORTATION BY SPECIALIZED TRANSPORT

A.I. Haustov

Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»

Annotation. To ensure the movement of military formations while preserving the advantages of their movement on roads and railways, a combined technology for transporting troops may be offered by specialized transport. The article assesses the provision of transport infrastructure in the territories of the Arctic regions, makes a conclusion about the problems and prospects for the use of this technology.

Keywords: *troop movement, combined transport, Arctic regions, infrastructure.*

В настоящее время передвижение войск занимает большое место в их боевой деятельности и является одним из решающих факторов, которые обуславливают достижение победы над противником. При этом выполнение войсковых перевозок в строго установленные сроки является важной государственной обязанностью должностных лиц, связанных с перевозками, органов военных сообщений и самих перевозимых войск.

Преимуществами перевозки войск по железной дороге являются сохранение сил личного состава, предохранение техники от износа, экономия моторесурса и горюче-смазочных материалов. В тоже время при перевозке войск по автомобильным дорогам автомобильный транспорт может находиться в боевых порядках, неотрывно следовать за войсками, обеспечивать транспортировку непосредственно в войска больших масс материальных средств, а также оперативно выполнять эвакуационные перевозки.

С учётом вышесказанного, для сокращения времени на решение задач технического и тылового обеспечения перевозки войск, а также увеличения их объёма, нами может быть предложена комбинированная технология воинских перевозок в Арктическом регионе Российской Федерации специализированным транспортом [2, 3], способным перемещаться как по автомобильным дорогам, так и по железнодорожной колее (рис. 1).

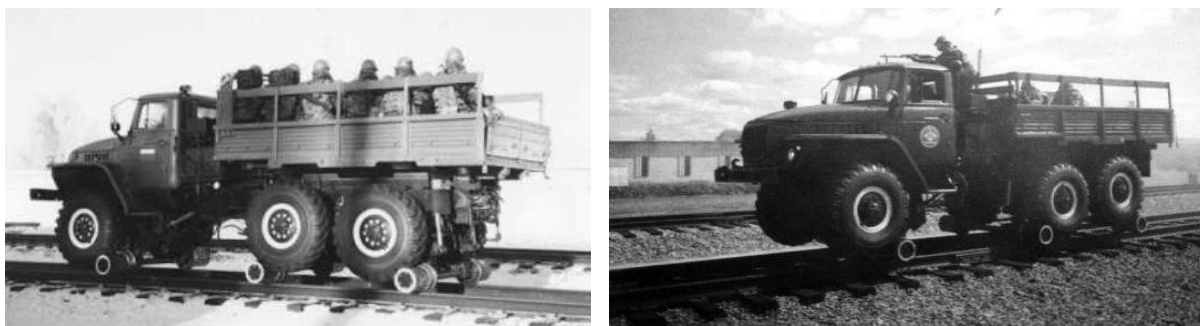


Рис.1. Специализированное транспортное средство

Предварительным анализом существующей транспортной (автомобильной и железнодорожной) инфраструктуры было установлено, что в некоторых регионах Арктики железнодорожные пути отсутствуют полностью, что не позволяет использовать вышеприведённую технологию в данных регионах. С учётом этого, лишь Мурманская область, Ямало-Ненецкий автономный округ и Архангельская область [1], относящиеся к Арктическому региону, были приняты нами к дальнейшему исследованию.

Для выявления проблем и перспектив внедрения технологии комбинированных воинских перевозок по автомобильным и железным дорогам в рассматриваемых Арктических регионах была проведена оценка обеспеченности транспортной инфраструктурой территории данных регионов [4], которая выявила, что по протяжённости автомобильных и железных дорог Мурманская область [6] и Ямало-Ненецкий автономный округ находятся на последних местах среди субъектов соответствующих округов. При этом в

настоящее время особенности применения вышеозначенных транспортных средств таковы, что их перемещение разрешено в лучшем случае по так называемым «малоинтенсивным железнодорожным линиям общего пользования». В соответствии с разработанной дочерним предприятием ОАО «Российские железные дороги» – АО «Институт экономики и развития транспорта» (ИЭРТ) – Программой по повышению эффективности малоинтенсивных линий [5] все подобные линии общего пользования были разделены по 5 основным типам в зависимости от функционального назначения, социальной значимости и характера эксплуатации, при этом в данное разделение попали и линии, имеющие так называемое государственное значение.

Однако судить о развитости транспортной инфраструктуры исследуемых регионов лишь по протяжённости дорог является неверным. Для расчёта уровня обеспеченности транспортной сетью были использованы ряд коэффициентов, а именно: коэффициент плотности (густоты) дорожной сети $k_n = L_{\text{э}}/S$ (где $L_{\text{э}}$ – эксплуатационная длина путей, км; S – площадь территории, тыс. км²); коэффициент Энгеля $k_{\text{э}} = L_{\text{э}}/\sqrt{S \cdot H}$ (где H – число жителей на рассматриваемой территории, тыс. чел.); коэффициент Успенского $k_{\text{у}} = L_{\text{э}}/\sqrt[3]{S \cdot H \cdot Q}$ (где Q – объём перевезённых транспортом грузов, тыс. м³).

Приведём ряд графических зависимостей, позволяющих судить об уровне обеспеченности транспортной сетью исследуемых территорий Арктического региона России. На рис. 2 приведено распределение коэффициента плотности (густоты) дорожной сети (а – автомобильных дорог, б – железных дорог). Аналогично на рис. 3 приведено распределение коэффициента Энгеля, а на рис. 4 – распределение коэффициента Успенского.

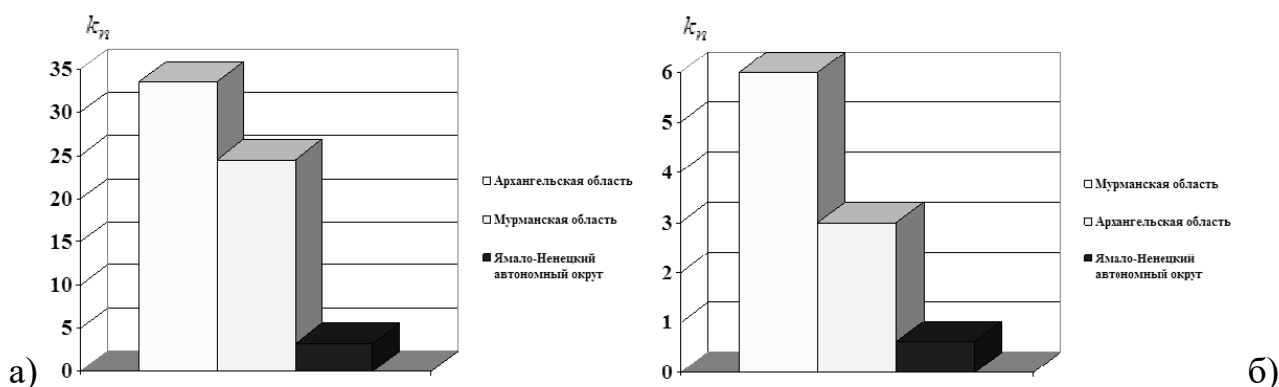


Рис.2. Распределение коэффициента плотности (густоты) дорожной сети

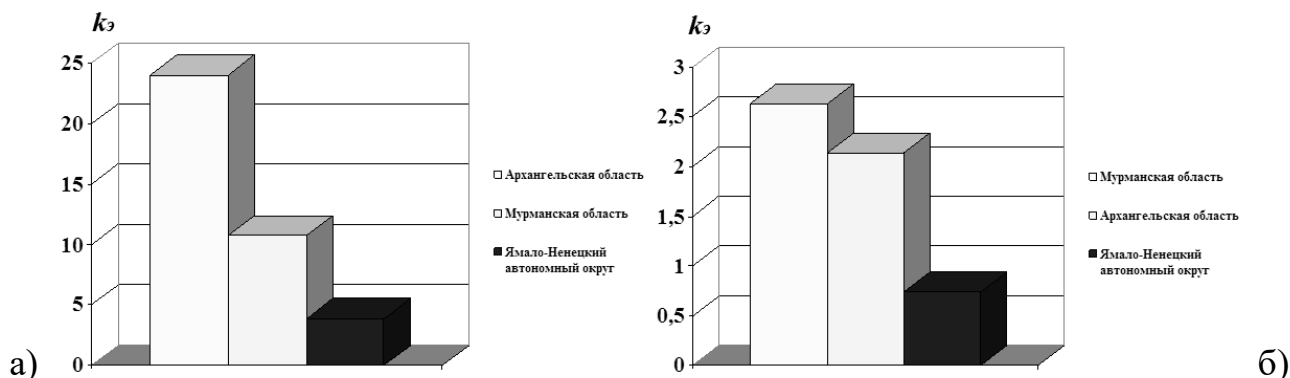


Рис.3. Распределение коэффициента Энгеля

Анализ данных зависимостей позволяет сделать следующие умозаключения. Архангельская область лидирует по всем трём проанализированным показателям в той части их определения, которые базируются на протяжённости автомобильных дорог общего пользования, что объясняется значительным (в 5,47 и 7,81 раза) превышением протяжённости автодорог в данной области по сравнению с двумя другими исследуемыми регионами.

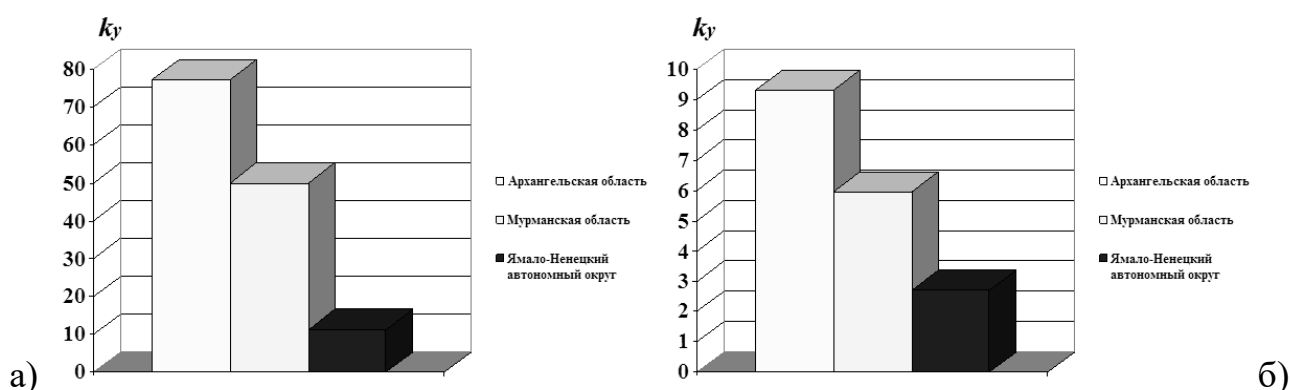


Рис.4. Распределение коэффициента Успенского

В тоже время Мурманская область лидирует в основном по показателям, определяемым по эксплуатационной длине железнодорожных путей общего пользования. Исключением является коэффициент Успенского, что впрочем, объясняется большим (по сравнению с Архангельской областью) объёмом перевозимой по железной дороге продукции, идущей, очевидно, через морской порт. Однозначно проблемным по обеспеченности транспортной сетью выглядит положение Ямало-Ненецкого автономного округа, обладающего не только наименьшей (среди исследуемых регионов) протяжённостью автомобильных и железных дорог, но и наименьшими значениями анализируемых показателей.

Таким образом, исследование обеспеченности транспортной (автомобильной и железнодорожной) инфраструктурой Арктических регионов Российской Федерации выявило некоторые проблемы по возможному

внедрению комбинированных воинских перевозок. В частности, это недостаточно развитая сеть автомобильных и железных дорог, климат, а также полярная ночь. Тем не менее, решение проблем по удалению образующейся наледи и снега с поверхности железнодорожных рельс [7], оборудование мест заезда/съезда транспортного средства на/с железнодорожного пути, а также использование так называемых «сезонных» дорог будет способствовать внедрению комбинированных воинских перевозок специализированным транспортом, перемещающимся по автомобильным и железным дорогам.

Список литературы

1. Архангельская область [Электронный ресурс] // Северо-Западный федеральный округ [сайт] [2018]. URL: <http://szfo.gov.ru/district/ARK/> (Дата обращения: 17.04.2018).
2. Платонов, А.А. Особенности организации безопасного движения специального самоходного подвижного состава / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Воронежский научно-технический Вестник. 2014. № 2 (8). С. 80-86.
3. Платонов, А.А. Перспективы внедрения инновационной путевой техники по сети железных дорог ОАО «РЖД» / Платонов А.А. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2015. № 1 (69). С. 69-72.
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: Стат. сб. / Росстат. – М.: 2017. – 1402 с.
5. РЖД разработали программу по повышению эффективности малодеятельных линий [Электронный ресурс] // ОАО «РЖД» [сайт] [2018]. – URL: http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&refererLayerId=5049&id=300581 (Дата обращения: 5.11.2018)
6. Северный флот [Электронный ресурс] // Министерство обороны Российской Федерации [сайт] [2018]. URL: <https://structure.mil.ru/structure/okrug/north/news.htm> (Дата обращения: 17.04.2018).
7. Юдин, Р.В. Устройство для очистки рельсовых путей / Р.В. Юдин, А.А. Платонов, М.А. Платонова // патент на изобретение RUS 2556898 26.02.2014

УПРАВЛЯЕМЫЙ МЕХАНИЗМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ: КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ

А.П. Чайкин¹, Р.Ю. Добрецов¹, С.А. Войнаш²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова»

Аннотация. рассмотрен вопрос выполнения кинематического и силового анализа управляемого механизма мощности для трансмиссии колесной транспортной или транспортно-технологической машины.

Ключевые слова: управляемость, устойчивость, механизм распределения мощности, колесная машина, автомобили.

THE MECHANISM OF POWER DISTRIBUTION: KINEMATIC AND FORCE ANALYSIS

A.P. Chaikin¹, R.Yu. Dobretsov¹, S.A.Voinash²

¹*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University*

²*Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University*

Abstract. the question of performance of the kinematic and power analysis of the operated mechanism of power for transmission of the wheel vehicles is considered.

Keywords: controllability, stability, power distribution mechanism, wheel vehicle, automobiles.

Целью работы является проведение кинематического и силового анализа кинематической схемы шестеренчатого планетарного механизма распределения мощности (МРМ) трансмиссии автомобиля [1]. Такие расчеты обязательны при проектировании механизма на основе выбранной кинематической схемы.

Актуальность вопроса обусловлена отсутствием опубликованных методик синтеза и анализа схем планетарных шестеренчатых МРМ на фоне растущей распространенности таких механизмов в зарубежном автомобилестроении

Собственно проведение кинематического и силового анализа МРМ, как редуктора, который может содержать простые трехзвенные и сложные четырех- и пятизвенные планетарные механизмы, а также передачи с неподвижными осями, может быть проведен по методикам, применяемым для планетарных коробок передач [2]. Задача не является тривиальной, ее решение требует достаточно высокой квалификации.

Однако, кинематическому и силовому анализу должны предшествовать выбор схемы МРМ и определение числа зубьев. Если схему МРМ можно (за отсутствием методики синтеза) выбрать на основе прототипа [1,3], то для определения чисел зубьев шестерен нужно предложить оригинальный метод.

В основу расчетов положено наблюдение о функциональном и структурном сходстве между МРМ автомобиля и механизмами поворота транспортных гусеничных машин [4,5].

В качестве примера рассмотрим МРМ, схема которого показана на рис. 1. Рассмотрим кинематику данного механизма по аналогии с методикой проведения анализа схем планетарных механизмов поворота.

В состав МРМ (см. рис.1) входят два бортовых планетарных механизма и симметричный конический дифференциал.

Для бортового планетарного механизма параметр $k = z_2 z_{41} / (z_1 z_{42})$ [2,5]. Нетрудно показать, что при $z_2 > z_1$ данный параметр $k > 1$, а значит, при включении элемента управления, соответствующая полуось станет вращаться в k раз медленнее. В противном случае, при $z_2 < z_1$, параметр $0 < k < 1$.

Систему уравнений кинематики для данного МРМ можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} 2\omega_k = \omega_1 + \omega_2 \\ \omega_k = k\omega_1 + (1-k)\omega_3 \\ \omega_k = k\omega_2 + (1-k)\omega_4 \end{cases}$$

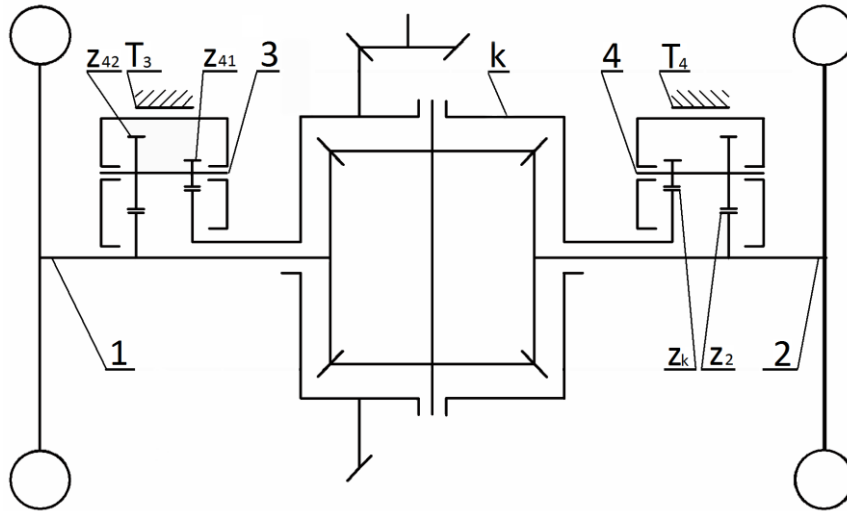


Рис. 1. Кинематическая схема двухпоточного МРМ: k – коробка дифференциала; 1 – левая полуось; 2 – правая полуось; 3,4 – водила планетарных механизмов; T – элемент управления; z – число зубьев.

Нетрудно заметить, что для её решения необходимо ещё два уравнения. Одно из них традиционно: $\omega_k = const$. Второе получаем наложением ограничения вида $\omega_3 = 0$ (или $\omega_4 = 0$).

Анализ системы уравнений показывает, что при включении элемента управления соответствующего борта машины и при $k > 1$, борт становится отстающим, а при $0 < k < 1$ – забегающим. Такой поворот автомобиля аналогичен повороту гусеничной машины с «фиксированным» радиусом поворота R_ϕ . Удобнее рассматривать относительный радиус поворота $\rho_\phi = R_\phi / B$, где B – колея ведущего моста автомобиля.

Относительный радиус поворота машины определяется, как

$$\rho = \frac{1(u+1)}{2(u-1)}.$$

Здесь $u = V_2/V_1$ – передаточное отношение механизма поворота; $\rho = R/B$. В свою очередь, R – радиус поворота, B – колея машины. Если пренебречь изменением радиусов качения колёс, то можно записать: $u = \omega_2/\omega_1$.

Разумно предположить кинематическое согласование относительного радиуса поворота машины, получаемого за счет «бортового поворота» и минимального относительного радиуса поворота, допустимого по кинематике рулевой трапеции. Положим их равными между собой и обозначим ρ_ϕ . Из приведённых выше уравнений несложно найти связь между ρ_ϕ и параметром k управляющего планетарного ряда.

Для управления по забегающему борту $\rho_{\phi} = \frac{k}{2(1-k)}$.

Соответственно, $k = \frac{2\rho_{\phi}}{2\rho_{\phi} + 1}$.

Для управления по отстающему борту $\rho_{\phi} = \frac{k}{2(k-1)}$.

Соответственно, $k = \frac{2\rho_{\phi}}{2\rho_{\phi} - 1}$.

Полагая $R_{\phi} = 5$ м и $B = 1,8$ м, получим $\rho_{\phi} = 2,78$ и $k = 0,847$ для первого случая, и $k = 1,22$ для второго.

Все остальные относительные радиусы, большие, чем ρ_{ϕ} , возможно получить силовым управлением ведущими колёсами только при управляемом буксовании в тормозах планетарных механизмов.

Рассмотрим отдельно оба случая поворота с радиусами $\rho_{\phi} < \rho < \infty$.

Примем $\omega_k = 1$ и введём параметр s , как скольжение дисков тормоза управления относительно корпуса дифференциала. Для управления по забегающему борту $s = \omega_4$, а по отстающему $s = \omega_3$, и его значение при подаче управления будет меняться в пределах $0 < s < 1$, причём $s = 0$ будет соответствовать полностью включенному тормозу управления, а $s = 1$ – выключенному.

Несложно проверить, что тогда значения промежуточных относительных радиусов поворота ρ будут определяться по соответствующим формулам.

Для управления по забегающему борту:

$$\rho = \frac{k}{2(1-k)(1-s)}.$$

Для управления по отстающему борту:

$$\rho = \frac{k}{2(k-1)(1-s)}.$$

Также нетрудно заметить, что скольжение в выключенном тормозе будет меняться в пределах $1 < s < 2$.

Не менее существенный интерес представляет и силовой анализ данного МРМ.

Введём следующие обозначения: M_{x1} и M_{x2} – моменты на левом и правом ведущих колесах; M_{d1} и M_{d2} – моменты на левой и правой полуосях до суммирования с моментом от планетарного ряда; M_{k1} и M_{k2} – моменты на левой и правой шестернях планетарных механизмов, соединённых с корпусом дифференциала; M_{p1} и M_{p2} – моменты на левой и правой шестернях планетарных механизмов, соединённых с полуосями; M_{T1} и M_{T2} – моменты на левом и правом тормозных механизмах; M_s – входной момент на корпусе дифференциала; M_{Σ} – суммарный момент на корпусе дифференциала; f , φ , Z , r – коэффициенты сопротивления качению и сцепления с грунтом, нормальная нагрузка и радиус качения.

Всего получили 12 переменных, для которых следует составить 12 уравнений.

Трением в зубчатых зацеплениях и опорах звеньев дифференциала пренебрегаем.

Из уравнения равновесия дифференциала с очевидностью следует, что $M_{d1} = M_{d2}$, и $M_s + M_{d1} + M_{d2} = 0$.

Ещё две пары уравнений получим из условия равновесия планетарных рядов:

$$\begin{cases} M_p = -kM_k \\ M_T = -(1-k)M_k \end{cases}$$

Добавим уравнения связи:

$$\begin{cases} M_{x1} = M_{p1} + M_{d1} \\ M_{x2} = M_{p2} + M_{d2} \\ M_\Sigma = M_s + M_{k1} + M_{k2} \end{cases}$$

Получено, таким образом, девять уравнений, а значит, необходимо доопределить систему ещё тремя уравнениями.

Очевидно, что при подаче управления на правый борт, механизм левого борта не управляется, а значит $M_{T1} = 0$.

Оставшиеся два уравнения можно получить, комбинируя значения четырёх исходных данных, а именно M_{x1} , M_{x2} , M_{T2} , M_Σ .

Подобный подход позволяет решать различные варианты задачи. Однако, для получения реалистичных решений не следует терять из виду оценки величин данных переменных. Для неуправляемого борта следует полагать $|M_x| = fZr$, для управляемого борта $|M_x| < \varphi Zr$. Максимально возможный для данного режима движения момент M_Σ определяется из тягового расчёта, а значение M_T ограничивается конструкцией тормозного элемента управления.

Применение данного подхода позволило провести кинематический и силовой анализ МРМ, показанного на рис. 1 и в рамках подготовки выпускной квалификационной работы провести основные проектировочные и проверочные расчеты, подтверждающие работоспособность предложенной конструкции и обосновать ее рациональное применение на автомобиле.

Учитывая тенденции развития мировой автомобильной промышленности, теоретические работы, позволяющие упростить и формализовать расчеты новых для нашего рынка механизмов, имеют большие перспективы и могут быть востребованы практикой.

Список литературы

1. Bosch. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.:
2. Автоматические коробки передач / Харитонов С.А. – М.: ООО «Издательство Аристель», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 335 с.
3. Вольская Н.С., Чудаков О.И. Пути совершенствования системы распределения мощности в ветвях трансмиссии полноприводных автомобилей

// Материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», [Электронный ресурс]. – М. МАМИ: 2012. – С. 120-127. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

4. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. – М.: «Машиностроение», 1975.

5. Расчет и конструирование гусеничных машин: Учебник для вузов / Н.А. Носов, В.Д. Галышев, Ю.П. Волков, А.П. Харченко; Под ред. Н.А. Носова. – Л.: «Машиностроение», 1972.

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ

В.В. Чекунов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. В работе осуществлен анализ микротвердости, шероховатости и износостойкости стальных деталей типа цапфа подвески автомобиля при различных видах поверхностного упрочнения и их комбинациях (электрохимическая обработка (ЭМО) и безабразивная финишная ультразвуковая обработка (БУФО)). Проведен комплексный сравнительный анализ полученных эксплуатационных характеристик на деталях упрочненных ЭМО, ЭМО+БУФО и заводской детали (закалка ТВЧ).

Ключевые слова: *поверхностное упрочнение, электрохимическая обработка, безабразивная финишная ультразвуковая обработка, микротвердость, шероховатость, износ поверхности.*

ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SURFACE-STRENGTHENED STEEL DETAILS CAR SUSPENSIONS

V.V. Chekunov

Volgograd State Technical University

Annotation. In this paper, the analysis of the microhardness, roughness and wear resistance of steel parts such as a car suspension pin with different types of surface hardening and their combinations (electromechanical processing (EMO) and non-abrasive finishing ultrasonic processing (BAPM)) was carried out. A comprehensive comparative analysis of the performance obtained on the details of hardened EMO, EMO + BUFO, factory parts (hardening HDTV) was carried out.

Keywords: *surface hardening, electromechanical treatment, non-abrasive finishing ultrasonic treatment, microhardness, roughness, surface wear.*

Введение

Разработка и исследование технологий поверхностного упрочнения для получения сбалансированного комплекса повышенных служебных характеристик (по поверхностной твердости, износостойкости, прочности и т.д.) обработанного материала имеет особую значимость, поскольку повышение физико-механических свойств стальных изделий является необходимым в экстремальных условиях эксплуатации деталей ответственного назначения.

Подвеска автомобиля является одним из таких элементов воспринимающим жесткие условия. Многократное воздействие рельефа дороги на конкретные детали неоднократно приводит к текущему ремонту всей подвески автомобиля.

В связи с этим целью работы является сравнительное исследование физико-механических свойств цилиндрических деталей подвески автомобиля типа цапфа (полуось) применяемых в условиях ремонта, упрочненных различными методами (ТВЧ, ЭМО, ЭМО+БУФО) [1].

Задачами исследования являются:

1. Реализация технологического процесса комбинированного упрочнения (электрохимическая обработка (ЭМО) и безабразивная финишная ультразвуковая обработка (БУФО)) цилиндрической детали типа цапфа, в соответствии с требованиями технического задания.

2. Измерение шероховатости поверхности исследуемых деталей.

3. Измерение микротвердости поверхности исследуемых деталей.

4. Испытание на износостойкость поверхности различных деталей типа цапфа: заводская оригинальная деталь и упрочненная ЭМО ремонтная деталь.

Методика проведения эксперимента

Важным техническим требованием к исследуемым деталям является наибольший показатель износостойкости рабочей поверхности детали (рис.1) (посадочные места под игольчатые подшипники).

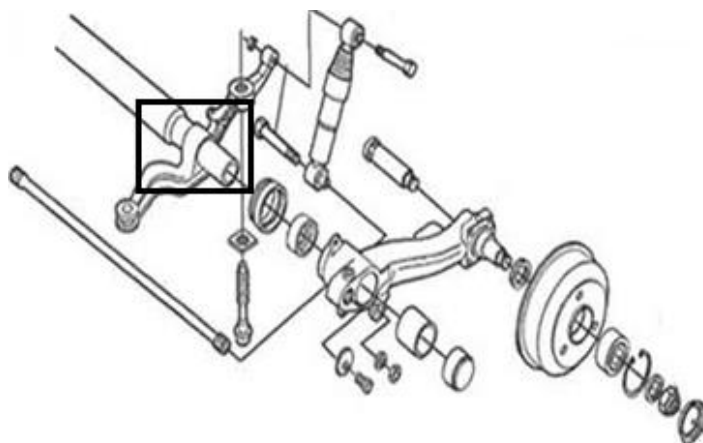


Рис.1. Схема торсионной подвески автомобиля
(рамкой выделена исследуемая деталь)

Для проведения исследования была выбрана сталь 65Г, которая подвергалась воздействию ЭМО и комбинированному воздействию ЭМО+БУФО.

Технологический процесс поверхностного упрочнения ЭМО заключался в воздействии на материал переменного электрического тока плотностью $j = 400$ А/мм², напряжением $U = 4-5$ В, пропускаемого через локальную зону контакта инструмента (твердосплавного ролика) с поверхностью образца. Скорость обработки $V = 13-75$ об/мин; подача $S = 0,4$ мм/об; усилие на инструмент $F = 200$ Н.

Последующая обработка БУФО проводилась с частотой колебаний инструмента – 22 кГц, скоростью обработки $V = 4,71$ м/мин; подача инструмента – 0,07 мм/об, усилие прижима ролика (по индикатору) $F = 100$ Н материал инструмента – твердый сплав [2].

Измерение шероховатости проводилось на профилографе, а измерение микротвердости на ПМТ-3М.

Испытания на износостойкость проводились на машине СМЦ-2 методом вал – втулка с подводом охлаждающей жидкости в зону контакта. Материал втулки – сталь ШХ15.

Обработка полученных результатов

Физико-механические свойства (твердость, шероховатость, износостойкость) анализировались как для ремонтной детали из стали 65 Г, прошедшей поверхностную обработку, так и для детали закаленной в заводских условиях методом ТВЧ.

При применении технологии поверхностного упрочнения на ремонтной детали сформирован упрочненный слой глубиной 0,2 мм и твердостью около 60 единиц по Роквеллу, что несколько выше, чем у заводской оригинальной детали (рис.2).

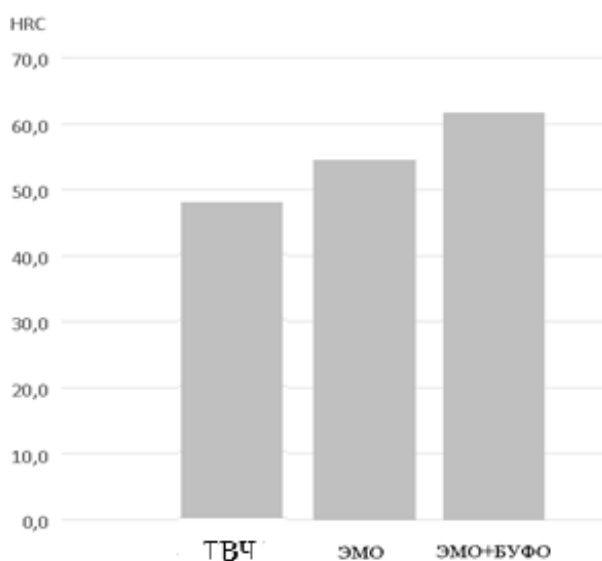


Рис.2. Значения твердости для исследуемых стальных деталей

На гистограмме (рис.3) показано влияние режимов проведения ЭМО на качество шероховатости поверхностного слоя. Установлено, что при проведении упрочнения на частоте вращения детали - 75 об/мин достигается наименьшая шероховатость, но снижается поверхностная твердость (рис.4), по сравнению с другими режимами, что отрицательно сказывается на износостойкости. Оптимальное снижение шероховатости наблюдается при режимах обработки 13 об/мин и 38 об/мин, при увеличении поверхностной твердости более чем на 8% и снижении шероховатости более чем на 10%, по сравнению с исходной деталью, закаленной ТВЧ.

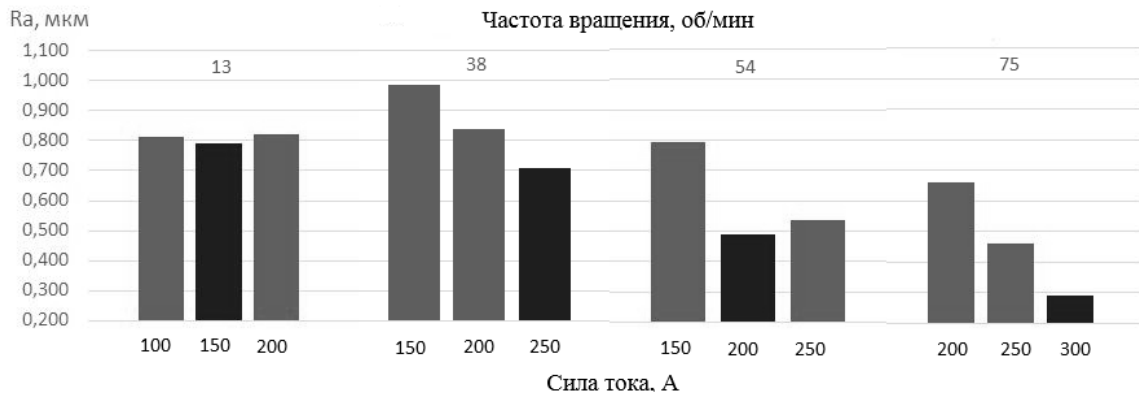


Рис.3. Значения шероховатости поверхности детали, в зависимости от силы тока и частоты вращения при обработке ЭМО

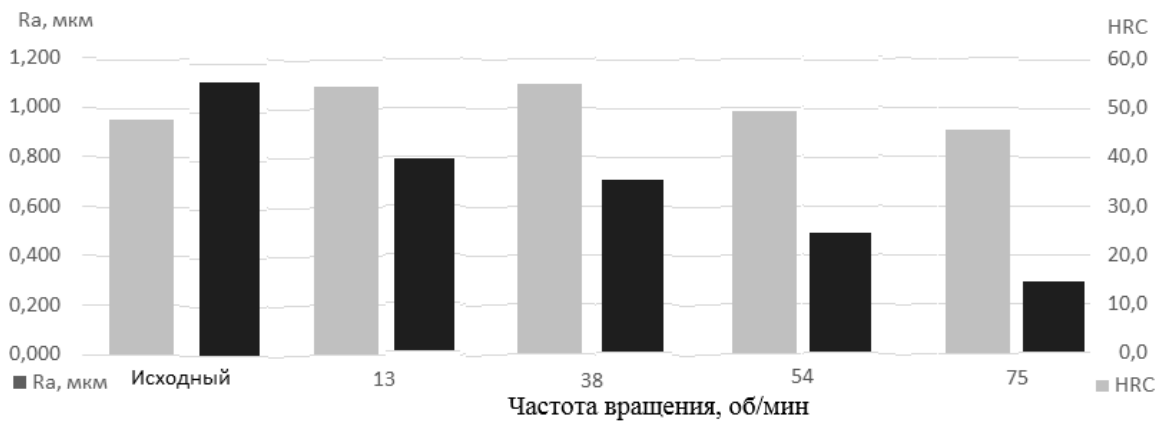


Рис.4. Сравнительные значения твердости и шероховатости поверхности стальных деталей до и после обработки ЭМО

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует, что интенсивность износа образцов, упрочненных ЭМО, в 6–8 раз меньше, чем у неупрочненных (рис.5).

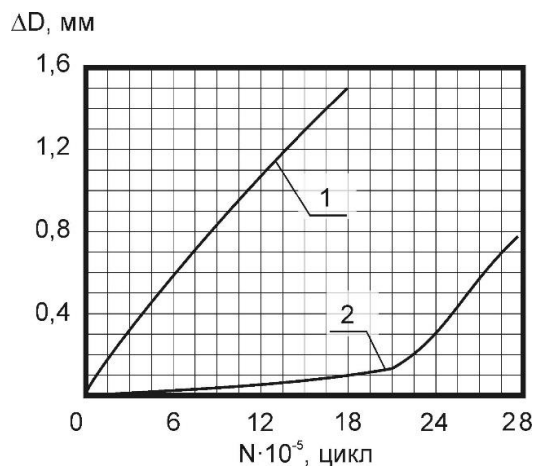


Рис.5. Интенсивность абразивного износа образцов из стали: 1 – износ неупрочненных образцов; 2 – износ образцов после ЭМО

Выводы

Оптимальные режимы обработки позволяют снизить шероховатость поверхности при сохранении и улучшении механических свойств детали и исключить применение операции тонкого шлифования.

Комбинированная обработка ЭМО+БУФО увеличивает твердость поверхностного слоя более чем на 10% по сравнению с исходной деталью.

Износостойкость поверхности деталей увеличивается после ЭМО.

Таким образом, применение упрочняющей технологии позволяет повысить комплекс свойств детали, тем самым увеличивая эксплуатационные показатели и продлевая ресурс элементам подвески автомобиля.

Список литературы

1. Багмутов В. П. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация / В. П. Багмутов, С. Н. Паршев, Н. Г. Дудкина, И. Н. Захаров. – Новосибирск: Наука, 2003. – 318 с.
2. Дудкина Н. Г. Влияние комбинированных термо-деформационных воздействий на микротвердость и усталостную прочность закаленных конструкционных сталей / Н. Г. Дудкина, И. Н. Захаров, М. Д. Романенко, В. В. Чекунов // Известия ВолгГТУ – 2018.

О ВЫБОРЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПРИВОДА ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕД

Н.А. Чернецкая, И.В. Курсов, П.О. Вотяков

Рубцовский индустриальный институт (филиал)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»

Аннотация. Рассмотрены вопросы обоснования выбора типа передачи редуктора и электродвигателя, обеспечивающего энергоэффективную эксплуатацию лопастного смесителя гетерогенных сред.

Ключевые слова: *энергоэффективность; лопастной смеситель; гетерогенная среда; привод; оптимальный режим работы.*

ON THE SELECTION OF ENERGY-EFFICIENT DRIVE PADDLE MIXER HETEROGENEOUS ENVIRONMENTS

N.A. Chernetskaya, I.V. Kursov, P.O. Votyakov

Rubtsovsk industrial Institute (branch)

Federal state budget educational institution of higher education «The Altai state technical University named after I. I. Polzunov»

Abstract. The questions of substantiation of the choice of transmission type of the reducer and the electric motor providing energy-efficient operation of the blade mixer of heterogeneous environments are considered.

Keywords: *energy efficiency; paddle mixer; heterogeneous environment; the drive; the optimal mode of operation.*

Цель работы – обоснование технических параметров привода, обеспечивающего энергоэффективную эксплуатацию лопастного смесителя гетерогенных сред.

Актуальность работы подтверждается анализом тенденций развития механизации и автоматизации производства с использованием различных гетерогенных сред (жидкость – твердое тело) на малых предприятиях. Перейти на прогрессивную технологию мешает отсутствие научного и инженерного обоснования схемного решения и оптимальных технических параметров привода.

Новизна работы. В РИИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова начата разработка нового привода лопастного смесителя гетерогенных сред сниженной энергоемкости. Такой привод, обладая способностью мало энергозатратно обеспечить оптимальный режим работы смесителя, существенно отличается от широко известных приводов [1, 2].

Анализ, проведенный ранее в РИИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, позволил сформулировать требования для подбора привода смесителя:

- кинематическую схему привода смесителя выбрать из условия обеспечения наибольшего КПД привода;
- мощность, затрачиваемая на вращение вала смесителя - 0,82 кВт;
- угловая скорость вращения вала - $8 \text{ с}^{-1} = 76,4 \text{ об/мин}$;
- срок службы привода - 10 лет;
- коэффициенты использования: суточный - 0,04, годовой - 0,45 [3].

Привод смесителя включает следующие элементы: электродвигатель, редуктор, две муфты упругие. Ближайшие **аналоги** нового привода смесителя уступают ему по энергоемкости на единицу производительности.

Постановка задачи. Для обоснования технических параметров энергоэффективного привода смесителя, предназначенного для эксплуатации в условиях тепличного хозяйства, необходимо, прежде всего, проведение соответствующих исследований по выявлению типа передачи редуктора и двигателя [4, 5].

Методы исследований: аналитический обзор литературы, патентный поиск, инженерные расчеты.

Ожидаемые (полученные) результаты:

- анализ типов электродвигателя, его мощности, частоты вращения;
- анализ механических передач;
- расчет технических параметров привода с учетом энергоэффективного обеспечения оптимального режима работы смесителя гетерогенных сред на стадии проектирования;
- подбор комплектующих (электродвигатель, редуктор, муфты и т.д.);
- оформление результатов литературного и патентного поиска, инженерных и экономических расчетов, других проведенных работ в виде отчета о НИР;
- разработка заявок на предполагаемые изобретения и полезные модели, подготовка тезисов докладов на научных конференциях; публикаций в трудах института;

- использование материалов работы при курсовом и дипломном проектировании по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Двигатель является одним из основных элементов привода. От типа двигателя, его мощности, частоты вращения зависят конструктивные и эксплуатационные характеристики рабочей машины и ее привода. В тепличных хозяйствах, находящихся в черте города, широко распространены сети переменного тока с напряжением 380 В, поэтому возможно использование электродвигателя.

Можно выбрать электродвигатели с синхронной и асинхронной частотой вращения.

Основным преимуществом синхронных двигателей является то, что они могут работать с коэффициентом мощности 1, а в режиме перевозбуждения даже отдавать реактивную мощность в сеть, что благоприятно сказывается на характеристиках сети: увеличивается ее коэффициент мощности, уменьшаются потери и падение напряжения. Кроме того, синхронные двигатели устойчивы к колебаниям сети. При всех достоинствах синхронного двигателя основными недостатками, ограничивающими их применение, являются сложность конструкции, наличие возбуждателя, сложность пуска и высокая стоимость. Поэтому синхронные двигатели преимущественно используются при мощностях свыше 100 кВт.

Асинхронные двигатели получили широкое применение, которое обусловлено простотой их конструкции, удобством обслуживания и эксплуатации, высокой надежностью, относительно низкой стоимостью. Недостатками таких двигателей являются большой пусковой ток, относительно малый пусковой момент, чувствительность к изменениям параметров сети.

Учитывая условия эксплуатации смесителя, режима его работы в качестве источника энергии следует выбрать асинхронный электродвигатель переменного тока, с синхронной частотой вращения 1500 об/мин. Использовать электродвигатели с меньшей частотой вращения не выгодно, так как их стоимость выше.

Для определения асинхронной частоты вращения используют коэффициент скольжения, который составляет 1-8%. Примем значение коэффициента скольжения равное 7% и определим асинхронную частоту вращения [учебник, откуда взята формула]:

$$n_{\text{Асинхрон}} = n_{\text{Синхр}} - \left(\frac{k_{\text{ск}}}{100} \cdot n_{\text{Синхр}} \right),$$

где $n_{\text{Асинхрон}}$ - асинхронная частота вращения;

$n_{\text{Синхр}}$ - синхронная частота вращения;

$k_{\text{ск}}$ - коэффициент скольжения,

$$n_{\text{Асинхрон}} = 1500 - \left(\frac{7}{100} \cdot 1500 \right) = 1395 \text{ об/мин.}$$

Разность параметров электродвигателя и смесителя можно компенсировать с помощью применения редуктора.

Определим примерное передаточное число редуктора

$$U_{\text{редуктора}} = n_{\text{эл.двиг}} / n_B,$$

где $U_{\text{редуктора}}$ - передаточное отношение редуктора;

$n_{\text{эл.двиг}}$ - частотой вращения вала электродвигателя;

n_B - частотой вращения приводного вала смесителя,

$$U_{\text{редуктора}} = 1395 / 76,4 = 18,26.$$

Редуктор может включать различные типы механических передач, такие как: червячная, ременная, планетарная, зубчатая, планетарная, цепная и другие. Рассмотрим эти механические передачи и определим для каждой общий КПД привода:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{m_1} \eta_{m_2} \eta_{on} \eta_p,$$

где $\eta_{\text{общ}}$ - общий КПД привода;

η_m - КПД упругих муфт, $\eta_M = 0,98$;

η_p - КПД редуктора;

η_{on} - КПД опор приводного вала, $\eta_{on} = 0,98$.

Червячная передача имеет диапазон передаточных чисел от 8 до 63 для одноступенчатого редуктора, что может обеспечить данное передаточное число. Также имеются недостатки в виде низкого КПД. Для передаточного числа 18,26 КПД будет в пределах 0,7-0,8. Примем среднее значение 0,75 и произведем расчет КПД привода, применяя для него червячный редуктор:

$$\eta_{\text{общ}} = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,75 = 0,7.$$

Ременная передача обладает простотой конструкции, КПД одной ступени равно 0,94-0,96. Недостатком является обеспечение требуемого передаточного числа из рекомендуемого диапазона передаточных чисел от 2 до 4, только несколькими ступенями. Ременная передача вызывает повышенные нагрузки на валы, что не способствует долговечности. Для обеспечения данного передаточного числа потребуется три ступени. Найдем КПД редуктора при среднем значении КПД равном 0,95:

$$\eta_p = \eta_{ст}^s,$$

где $\eta_{ст}$ - КПД ступени;

s- количество ступеней,

$$\eta_p = 0,95^3 = 0,86.$$

Произведем расчет КПД привода, применяя для него ременный трехступенчатый редуктор:

$$\eta_{\text{общ}} = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,86 = 0,8.$$

Волновая передача имеет КПД равный 0,72-0,82. Диапазон передаточных чисел от 40 до 320. Такие характеристики волновой передачи не обеспечивают требуемое передаточное отношение передачи.

Зубчатая передача имеет КПД одной ступени равный 0,96-0,98. Диапазон передаточных чисел от 1,6 до 8 для одноступенчатого редуктора и от 12,5 до 31,5 для двухступенчатого. Она обеспечит требуемое передаточное число с помощью двух ступеней, будет иметь высокий КПД. Недостаток будет проявляться в виде увеличенных габаритных размеров. КПД редуктора:

$$\eta_p = 0,97^2 = 0,94.$$

Произведем расчет КПД привода с цилиндрическим двухступенчатым редуктором:

$$\eta_{общ} = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,94 = 0,88.$$

Планетарная передача обеспечит требуемое передаточное отношение редуктора с помощью двух ступеней и будет иметь высокий КПД равный 0,92-0,96, а также малые габаритные размеры редуктора, что облегчит оптимальную компоновку. Примем КПД равный 0,94. Произведем расчет КПД привода, применяя для него планетарный двухступенчатый редуктор

$$\eta_{общ} = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,94 = 0,88.$$

Цепная передача имеет КПД одной ступени равный 0,92-0,95. Примем КПД равный 0,94. Цепная передача имеет передаточные числа для одной ступени от 1,5 до 3 и обеспечит требуемое передаточное число тремя ступенями. Преимуществом данной передачи является ее простота. КПД редуктора:

$$\eta_p = 0,94^3 = 0,83.$$

Произведем расчет КПД привода, применяя для него цепной трехступенчатый редуктор:

$$\eta_{общ} = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,83 = 0,78.$$

Из расчетов видно, что наибольшее КПД обеспечивают цилиндрический и планетарный редукторы. Наиболее рационально будет использовать планетарную двухступенчатую передачу, которая обеспечит меньшие габариты редуктора.

Для выбора электродвигателя определим требуемую мощность:

$$P_{ЭЛ.ДВ} = P_{СМЕС} / \eta_{общ},$$

где $P_{ЭЛ.ДВ}$ - мощность электродвигателя;

$P_{СМЕС}$ - мощность, затрачиваемая на вращение вала смесителя,

$$P_{ЭЛ.ДВ} = 0,82 / 0,88 = 0,93 \text{ кВт.}$$

Выбираем электродвигатель АИР 80А4, имеющий КПД равный 75%. Мощность АИР 80А4 равна 1,1 кВт, с асинхронной частотой вращения 1395 об/мин.

Технико-экономическая эффективность. Теоретический анализ позволил обосновать тип электродвигателя, его мощность и частоту вращения, а также механическую передачу, обеспечивающие энергоэффективную эксплуатацию лопастного смесителя гетерогенных сред.

Расчеты позволили выбрать марку электродвигателя и редуктор, которые обеспечивают наиболее высокий КПД и соответственно мало энергозатратную работу лопастного смесителя гетерогенных сред.

Список литературы

1. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Обоснование параметров смесеприготовительного аппарата минеральных удобрений. Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 9 (71) – Барнаул, 2010. – С. 78 – 81.
2. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Результаты совершенствования конструкции аппарата для приготовления жидких удобрений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки № 9 (213) – Новосибирск, 2010. – С. 87 – 90
3. Патент 99350 РФ, МКИ В 01 F 7/04. Горизонтальный смеситель / Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А., Войнаш А.С. (РФ) - Заявлено 11.06.2010; Опубл. 20.11.2010 // Изобретения. Полезные модели. – 2010.- № 32.
4. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Совершенствование аппарата с лопастной мешалкой по критериям ресурсосбережения // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований ‘2011». Том 4. Технические науки. – Одесса, 2011. – С. 49 – 51.
5. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Снижение энергозатрат на приготовление раствора минеральных удобрений // Ползуновский вестник № 3/1 - АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. – С.195 – 197.

ГИДРОМАНИПУЛЯТОРЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ДЛЯ ПОГРУЗКИ ЛЕСА

Д.В. Черник, З.Л. Еске

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева*

Аннотация. В статье проведен аналитический обзор гидроманипуляторов для погрузки леса крупных отечественных машиностроительных предприятий. Приведены основные технические характеристики машин и особенности конструкций.

Ключевые слова: *автомобильный гидроманипулятор, манипулятор, технические характеристики, механизм, гидрооборудование.*

HYDRAULIC MANIPULATOR DOMESTIC PRODUCERS FOR LOADING FORESTS

D.V. Chernik, Z.L. Jeske

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology

Abstract. In article the analytical review of hydraulic manipulators for loading of the wood of the large domestic machine-building enterprises is carried out. The main technical characteristics of machines and structural features are given.

Keywords: *automobile hydraulic manipulator, manipulator, technical characteristics, mechanism, hydraulic equipment.*

Автомобильный манипулятор (рис.1) представляет собой дистанционно управляемый механизм, функционально эквивалентный по своему характеру движению руки человека, в основном это шарнирно-сочлененная конструкция, состоящая из основания (поворотной колонны), стрелы и рукояти, последняя может быть телескопической, и рабочего органа (грейфера). Манипулятор устанавливается на лесовозный автомобиль.

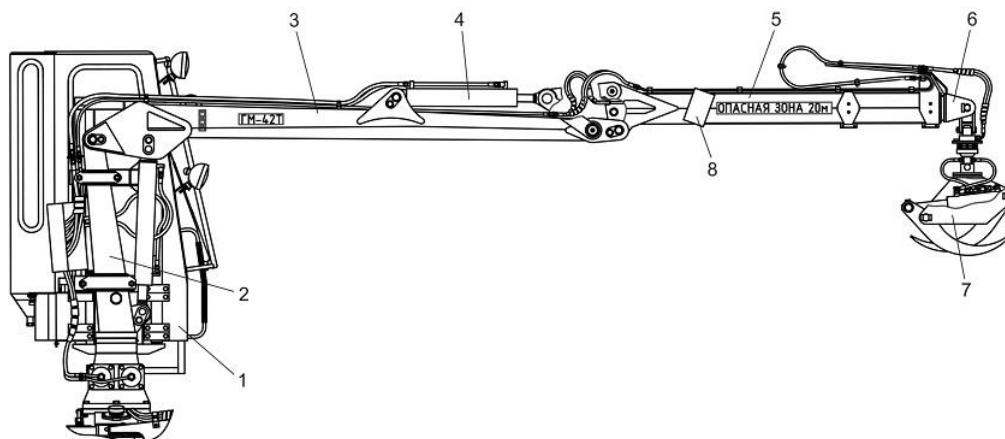


Рис.1.Гидроманипулятор для погрузки леса:

- 1 - кабина оператора; 2 - поворотное устройство; 3 - стрела;
 4 - гидрооборудование; 5 - рукоять;
 6 - выдвижная секция; 7 - рабочий орган; 8 - электрооборудование

Автолесовоз, оборудованный таким манипулятором, выполняет 3 операции: погрузка, транспортировка, разгрузка леса. Он позволяет заменить звено системы машин «погрузчик + автолесовоз». При такой замене сокращается количество рабочего персонала (от оператора погрузчика и водителя до водителя); снижается балансовая стоимость (от двух машин до одной), что влечет за собой снижение амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт; уменьшаются затраты на горюче-смазочные материалы; площадь хранения транспорта сокращается в два раза [1].

На сегодняшний день, существует множество предприятий, выпускающих гидроманипуляторы, основными параметрами которых являются: грузовой момент, максимальный вылет стрелы, грузоподъемность на максимальном вылете стрелы, грузоподъемность на минимальном вылете стрелы.

Компания Велмаш (Великолукский машиностроительный завод) выпускает достаточно разнообразный ряд гидроманипуляторов с широким диапазоном величин основных параметров [2].

В 2015 году в компании «Подъемные машины» началась работа по созданию манипуляторов нового поколения для лесозаготовителей и ломопереработчиков. Эта работа стала синергия знаний, технологий, опыта и возможностей российской компании «Подъемные машины», машиностроительного завода «ВЕЛМАШа» и австрийского концерна PALFINGER.

Гидроманипулятор ОМТЛ-70-01Серия ОМТЛ-70. Главная особенность этого гидроманипулятора заключается в его z-образной схеме складывания в транспортное положение, что позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с манипуляторами продольной схемы складывания:

- развесовка автотранспортного средства оптимальна;
- открыт свободный доступ в моторный отсек бескапотных автомобилей семейств КамАЗ и МАЗ для проведения ремонтных работ;
- достигнута лучшая обзорность за счет того, что **гидроманипулятор в транспортном положении находится за кабиной автомобиля, а не над ней**, также отсутствует передняя стойка, на которую укладывается гидроманипулятор с продольной схемой складывания;
- повышена устойчивость и управляемость автомобиля, так как центр тяжести манипулятора расположен ниже, чем у гидроманипулятора с продольной схемой складывания.

Гидравлический манипулятор ОМТЛ-70-01 устанавливается за кабиной или на задней части грузовой платформы автомобилей КамАЗ, Урал, МАЗ, КрАЗ, также используется в составе специальных машин, см. табл.1.

Таблица 1

Основные характеристики ОМТЛ-70-01

Параметр	Величина
Грузовой момент, т*м, не менее	7
Максимальный вылет, м	7,3
Грузоподъемность на максимальном вылете, кг	980
Грузоподъемность на минимальном вылете, кг	1480



Рис.2. Гидроманипулятор ОМТЛ-70-01 Серия ОМТЛ-70

Гидроманипулятор ОМТЛ-97-04 Серия ОМТЛ-97. ОМТЛ-97-04 – модификация манипулятора ОМТЛ-97. Наряду с высокой грузоподъемностью данный гидроманипулятор оборудован двойным телескопическим удлиннителем. Это позволяет значительно расширить рабочую зону и сократить, тем самым, время загрузки лесовоза.

ОМТЛ-97-04 имеет ещё одну отличительную особенность – выдвижение балок аутригеров и складывание самих аутригеров в транспортное положение производится гидравлическим приводом.

Для защиты оператора от неблагоприятных метеорологических условий на гидроманипуляторе может устанавливаться кабина. Кабина оборудована: механизмом подъёма, отопителем, стеклоочистителем, освещением, сигналом и крышным люком. Она крепится к колонне гидроманипулятора при помощи комплекта монтажных изделий, входящих в состав кабины.



Рис.3. Гидроманипулятор ОМТЛ-97-04 Серия ОМТЛ-97

Таблица 2

Основные характеристики ОМТЛ-97-04

Параметр	Величина
Грузовой момент, т*м, не менее	9.7
Максимальный вылет, м	8.5
Грузоподъемность на максимальном вылете, кг	1120
Грузоподъемность на минимальном вылете, кг	3100

Гидроманипулятор ОМТЛ-120-01 Серия ОМТЛ-120. Манипулятор имеет смещенное расположение опорно-поворотного устройства относительно элементов крепления манипулятора, ручное выдвижение выносных опор, рукоять с двойным удлиннителем, имеет Z-образную, поперечную (относительно лесовоза) схему складывания



Рис.4. Гидроманипулятор ОМТЛ-120-01 Серия ОМТЛ-120

Таблица 3

Основные характеристики ОМТЛ-120-01

Параметр	Величина
Грузовой момент, т*м, не менее	12
Максимальный вылет, м	8.5
Грузоподъемность на максимальном вылете, кг	1350
Грузоподъемность на минимальном вылете, кг	2970

ООО «Майкопский машиностроительный завод» является российским производителем гидроманипуляторов. На сегодняшний день, продукция завода охватывает 30% рынка гидроманипуляторов России [3].

Гидроманипулятор МАЙМАН-90S (ММ-90) Серия МАЙМАН. Конструктивные особенности гидроманипулятора МАЙМАН-90S (ММ-90) позволяют устанавливать его на различные базовые автомобили: Урал, КамАЗ, КрАЗ, МАЗи на автомобили других производителей и применять на предприятиях лесного комплекса, нефтяной и газовой промышленности и в других отраслях.

Гидроманипулятор изготавливается из высокопрочной стали S500 с пределом текучести в 1,4 раза превышающим аналогичный показатель для стали 09Г2С и может комплектоваться шведским или итальянским распределителем и гидронасосом SUNFAB SC-064 (084) увеличенной производительности.

В базовую комплектацию гидроманипуляторов входит гидравлическое выдвигание балок опор, система контроля и безопасности M-STAR; цельный корпус напорного фильтра.

Система контроля и безопасности M-STAR позволяет контролировать уровень загрузки гидроманипулятора, наработку в машиночасах, температуру рабочей жидкости в баке а также информировать о необходимости проведения очередного технического обслуживания.



Рис.5. Гидроманипулятор МАЙМАН-90S (ММ-90) Серия МАЙМАН

Таблица 4

Основные характеристики МАЙМАН-90S

Параметр	Величина
Грузовой момент, т*м, не менее	9
Максимальный вылет, м	7,8
Грузоподъемность на максимальном вылете, кг	1350
Грузоподъемность на минимальном вылете, кг	2970

Гидроманипулятор Атлант-С 140-05 (ЛВ-190-05) Серия Атлант. Гидроманипулятор ЛВ-190-05 удобен для погрузки длинномерных грузов, таких как хлысты большой массы, сортименты и др.

Гидроманипулятор ЛВ-190-05 позволяет максимально механизировать погрузочно-разгрузочные работы, снизить их себестоимость и облегчить условия труда.

В базовую комплектацию гидроманипулятора входит гидравлическое выдвигание балок опор, что в значительной мере облегчило труд оператора и повысило устойчивость базового автомобиля как при установке за кабиной, так и при установке в конце рамы.

Двухконтурная система управления позволяет повысить производительность труда на погрузочно-разгрузочных работах в 1,8 раза, снизить динамические нагрузки и получить экономию расхода топлива до 7%. Комплектация гидроманипулятора Шведскими или Итальянскими гидрораспределителями, автоматическая сварка под слоем флюса со 100% ультразвуковым контролем сварных швов, уплотнения гидроцилиндров и РДВ ведущих мировых производителей позволили значительно повысить его конкурентоспособность и долговечность в эксплуатации.



Рис.6. Гидроманипулятор Атлант-С 140-05 (ЛВ-190-05) Серия Атлант

Таблица 5

Основные характеристики Атлант-С 140-05

Параметр	Величина
Грузовой момент, т*м, не менее	14
Максимальный вылет, м	7,5
Грузоподъемность на максимальном вылете, кг	1870
Грузоподъемность на минимальном вылете, кг	4500

Гидроманипулятор Атлант-С 100Ф (ЛВ-185-21) Серия Атлант. Гидроманипулятор ЛВ-185-21 сдвухречным механизмом поворота и двойным телескопическим удлинителем предназначен для установки на трактора или стационарно.

Применяется в составе погрузочно-транспортных машин (форвардеров) для погрузки-разгрузки сортиментов на лесосеке. Возможно применение на

базе 3-х или 4-х осных шасси как российских, так и зарубежных производителей.

Вылет стрелы 10 метров позволяет производить работы с наименьшим повреждением подроста. Возможно использование гидроманипулятора в стационарном режиме.



Рис.7. Гидроманипулятор Атлант-С 100Ф (ЛВ-185-21) Серия Атлант

Таблица 6

Основные характеристики Атлант-С 100Ф

Параметр	Величина
Грузовой момент, т*м, не менее	10
Максимальный вылет, м	10
Грузоподъемность на максимальном вылете, кг	1000
Грузоподъемность на минимальном вылете, кг	3000

Настоящий обзор показывает, что отечественная промышленность лесозаготовительной техники имеет достаточно большое разнообразие машин, способных решать простые и сложные задачи по погрузочно-разгрузочным и транспортировочным работам. К тому же стоимость данных машин в разы ниже аналогов зарубежного производителя и техника более адаптирована к сложным климатическим условиям Сибири.

Список литературы

1. Емтыль, З.К. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование [Электронный ресурс]: монография / З.К. Емтыль, И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, П.И. Попиков; под ред. И.М. Бартенева. — Электрон. дан. —

Москва: ФЛИНТА, 2011. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60720>.

2. Великолукский машиностроительный завод [Электронный ресурс] URL: <http://www.velmash.com>

3. Майкопский машиностроительный завод [Электронный ресурс] URL: <http://maykop-mmz.com>

ОПИСАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Д.В. Черник, А.А. Карелина

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева*

Аннотация. В статье рассматривается описание конструкции мобильного робототехнического комплекса МРК-25 и область его применения. А также модификации и область применения мобильного робототехнического комплекса МРК-27.

Ключевые слова: *мобильный робототехнический комплекс, чрезвычайные ситуации, робототехника.*

DESCRIPTION AND APPLICATION OF MOBILE ROBOT-TECHNOLOGY COMPLEXES

D.V. Chernik, A.A. Karelina

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology

Annotation. The article describes the description of the design of the mobile robotic complex MRK-25 and its scope. As well as modifications and scope of the mobile robotic complex MRK-27.

Keywords: *mobile robotic complex, emergencies, robotics.*

В современном мире жизнь человека тесно переплетена с деятельностью роботов. Они помогают нам в различных сферах деятельности, начиная от выполнения несложных повседневных задач, например, таких как уборка, и заканчивая выполнением тяжелых и опасных работ, например, обезвреживание взрывных устройств. Любое действие, выполняемое роботом, призвано облегчить и обезопасить жизнь человека.

Так, незаменимыми помощниками роботы стали в сфере охраны жизнедеятельности при работе в экстремальных ситуациях. Например, мобильный робототехнический комплекс МРК-25 создан для обнаружения, распознавания, передачи информации о предметах, подозреваемых на наличие взрывного устройства, а также предупреждением нарушений и борьбы с терроризмом, проведения радиационной разведки, ликвидации последствий аварий на предприятиях атомной энергетики и химической промышленности без участия человека [3].

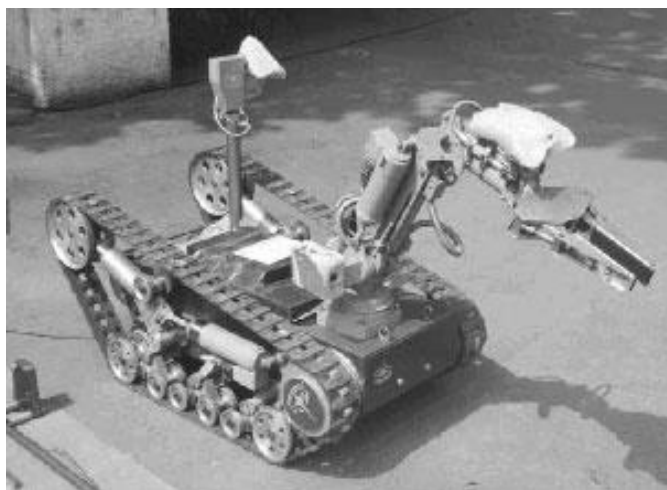


Рис. 1. МРК-25

Данный комплекс имеет следующее технологическое оснащение: телевизионная система, система освещения, блок акустической обратной связи, сирена. Управляется с поста дистанционного управления, состоящего из пульта управления, двух мониторов, пультового блока канала связи и аккумуляторной батареи, которые расположены на колесной стойке, что даёт высокую мобильность при повороте комплекса. Управление может осуществляться при помощи кабеля или о радио. Выбор варианта канала связи выполняется в зависимости от оперативной обстановки и осуществляется подключением (отключением) кабельного разъема и переключением тумблера на борту робота. Для обеспечения управления с рук пульт управления выполнен съемным [1].

Технические характеристики комплекса представлены в табл.1:

Таблица 1

Технические характеристики МРК-25

Скорость передвижения, км/ч	0...1,1
Преодолеваемые препятствия:	
- подъем, град	40
- стенка, м	0,20
Радиус действия, м	100
Грузоподъемность манипулятора, кг	12
Усилие захватывания захватного устройства, Н	200
Продолжительность непрерывной работы (ориентировочно), ч	3
Минимальные габаритные размеры, м:	
- длина	0,950
- ширина	0,650
- высота	0,900
Масса, кг	186

При выполнении действий с помощью манипулятора, чтобы избежать падения устройства, используется следующая компоновка оборудования: наиболее тяжелые элементы конструкции предельно смещены к опорно-поворотной зоне манипулятора, наиболее нагруженные элементы имеют

компенсаторы, снижающие напряжения изгиба, а необходимый момент для перемещения предплечья создается не на выходном валу привода, а в специальном промежуточном элементе в головной части плеча - в активном шарнире дифференциального типа [2].

Следующим роботом, приходящим на выручку в чрезвычайной ситуации является МРК-27. Он, также как и МРК-25, разработан в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Данный комплекс имеет следующие модификации:

- МРК-27-ВТ, МРК-27-ВУ предназначены для взрывотехнических работ и перемещения взрывоопасных устройств;
- МРК-27-МА – для работ в условиях повышенной радиации;
- МРК-27-Х – для работ в условиях химического заражения;
- МРК-27-ГП – для проверок местности с помощью газоанализатора;
- МРК-27-БТ – для огневой поддержки подразделений [4].
-



Рис. 2. МРК-27, базовая модель

Мобильные робототехнические комплексы, такие как МРК-25 и МРК-27, являются незаменимыми помощниками в самых сложных ситуациях. С их помощью возможно локализовать или предотвратить катастрофу, не подвергая человека опасности. Эта особенность данных комплексов делает их незаменимыми и востребованными во многих опасных ситуациях.

Список литературы

1. Лаборатория обработки изображений. Технология применения дистанционно управляемых мобильных комплексов [электронный ресурс]: <http://loi.sccc.ru/bdm/bigdog/batanov2.htm>
2. Патентный поиск, Поиск патентов и изобретений РФ и СССР. Мобильный робототехнический комплекс [электронный ресурс]: <http://www.findpatent.ru/patent/224/2241594.html>
3. Техника для спецслужб. Мобильный робототехнический комплекс МРК-25 «КУЗНЕЧИК» [электронный ресурс]: [http://www.bnti.ru/des.asp?itm=2416&tbl=02.01.02.02.](http://www.bnti.ru/des.asp?itm=2416&tbl=02.01.02.02)

4. Хабр. Военные роботы и их разработчики. Часть 2 [электронный ресурс]: <https://habr.com/company/smileexp/blog/408731/>

ВЫБОР СРЕДСТВ ПОДИЖНОСТИ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ТЫЛА

А.Н. Шаронов, В.Н. Немтин, Е.А. Шаронов

*Военная академия материально-технического обеспечения им.генерала армии
А.В. Хрулева (г. Санкт-Петербург)*

Аннотация. В статье проведен анализ факторов, влияющих на выбор базового шасси для технических средств служб материального обеспечения. Определены требования к базовому шасси и кузову для монтажа технологического оборудования. Проведено обоснование выбора базового шасси для кузова и технологического оборудования.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, средства подвижности, гусеничная техника, двухзвенные гусеничные транспортеры, характеристики.

TECHNICAL REQUIREMENTS FOR ARCTIC ENGINEERING REAR

A.N. Sharonov, V.N. Nemtin, E.A. Sharonov

Military Academy of logistics.army General A.V. Khruleva (Saint-Petersburg)

Annotation. In article the analysis of the factors influencing the choice of the basic chassis for technical means of services of material support is carried out. The requirements for the base chassis and body for the installation of technological equipment. The rationale for the choice of the base chassis for the body and process equipment.

Keywords: weapons and military equipment, basic chassis, tracked vehicles, two-link tracked transporters.

Природно-климатические и дорожные условия Арктической зоны весьма своеобразны и существенно отличаются от всех других суровостью климата, крайне редкой сетью дорог, преобладанием озерно-болотистой и тундровой слабозаселенной местностью, а также резкой пространственно-временной изменчивостью параметров атмосферы, что делает труднодоступной ее не только для ведения военных действий, но и выполнения мероприятий материально-технического обеспечения.

Покрытие земли в районе применения войск (сил) представляет собой щебень (галька), после выпадения снега – снежная целина, плотное снежное покрытие. Местность в основном равнинная. Особенностью снежной целины является достаточно высокая плотность снежного покрова, позволяющая держаться на поверхности не только человеку, но и машине. Снежные переметы составляют сильно пересеченную местность.

Основные факторы, влияющие на выбор средств подвижности для арктических технических средств тыла следующие: преобладание низких температур и сильный ветер; глубокий снежный покров; сложный рельеф местности береговой зоны (болота, наличие рек и озер, вероятность паводков); слабая несущая поверхность грунтов; полярные ночи и дни и др.

На основе перечисленных факторов следуют и основные требования к средствам подвижности для техники тыла, а именно: повышенная проходимость; плавающая; всепогодная; большой запас хода; обеспечение условий работы персонала в различное время суток, высокая надежность работы технологического оборудования [1-2].

К средствам подвижности должны предъявляться особые общемашинные технические требования, в том числе: обеспечение высокой проходимости по слабонесущим грунтам (снего-болотоходность); высокие тягово-сцепные свойства с учетом максимально возможного соблюдения экологических норм; способность преодолевать водные преграды на плаву; специальное «арктическое» исполнение машин (наличие надежных отопителей кабин и десантных отделений, пусковых подогревателей двигателя, электроподогрев лобовых стекол, приборов наблюдения, аккумуляторных батарей и др.); простота конструкции и ее надежность, возможность выполнять техническое обслуживание и ремонт зимой в полевых условиях силами экипажа; обеспечение автономности (жизнедеятельности) личного состава в боевой и специальной технике в отрыве от основного подразделения (базы) в любых погодных условиях [1-2].

Анализ функциональных задач войсковых подразделений в Арктике показал, что их целесообразно комплектовать снегоболотоходной гусеничной техникой на едином базовом шасси или с минимально возможным количеством номенклатуры базовых машин [1-2]. Это позволит заменить единой базовой машиной десять устаревших и несоответствующих современным требованиям назначения и эксплуатации в арктическом регионе базовых военных гусеничных и колесных машин, используемых под монтаж оборудования: МТ-ЛБВ, МТ-ЛБ, МТ-Лбу, БТР-50ПУМ, часть автомобилей Урал-4320.

Исходя из условий применения техники в Арктической зоне, наиболее рациональным вариантом транспортного средства, используемого в качестве средства подвижности, является сочлененная гусеничная машина, обладающая наилучшими показателями опорной проходимости и маневренности в условиях Крайнего Севера (рис.1).



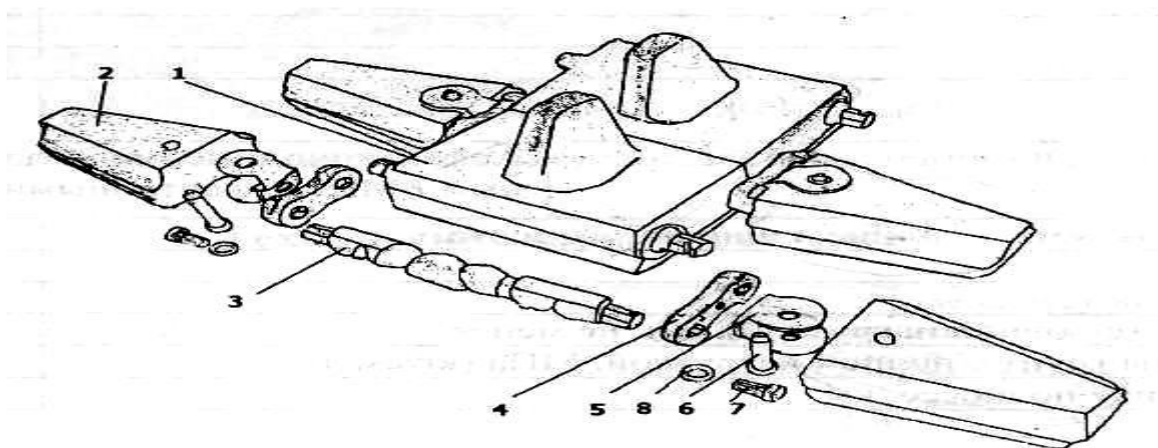
Рис.1. Сочлененные гусеничные машины

Машины такого эффективно используются в качестве платформ под объекты средств подвижности подразделений специального назначения материального обеспечения.

Накопленный практический опыт в данном направлении позволяет сделать вывод о целесообразности использования в Арктике сочлененной (или двухзвенной, или двухкомплектной, или многокомплектной) схемы платформы по следующим причинам.

Во-первых, низкие значения давления на грунт порядка $0,08 \text{ кгс/см}^2 - 0,14 \text{ кгс/см}^2$ позволяют быстро и оперативно осуществлять маневр силами и средствами в условиях снежной целины [1-2].

Во-вторых, наличие двух и более звеньев открывает возможности создания на базе сочлененных платформ транспортных машин, способных автономно решать широкий круг задач. В то же время необходимо отметить, что реалии настоящего времени требуют поиска эффективных и быстрых путей повышения проходимости существующих образцов техники. В настоящее время в ведущих технических университетах страны ведутся исследования по разработке новой конструкции уширенной гусеницы с давлением на грунт порядка $0,2 \text{ кгс/см}^2$ [1]. Конструкция звена гусеничной цепи представлена на рис. 2.



Условные обозначения:

1 – центральная часть звена; 2 – уширитель; 3 – палец звена; 4 – цевок; 5 – стопорная пластина с проушинами; 6 – палец крепления уширителя; 7 – болт; 8 – шайба стопорная

Рис. 2. Конструкция звена уширенной гусеничной цепи

Основой конструкции являются упруго-эластичные уширители из специального резинового материала с упругим металлическим стержнем внутри, адаптирующиеся к мягкой поверхности грунта. При этом обеспечивается увеличение площади контакта гусеничного движителя с опорной поверхностью, способствующее существенному улучшению проходимости по мягкому снегу.

Еще одним направлением обеспечения подвижности образцов ВАТ является повышение проходимости колесных машин при движении по опорным поверхностям с низкой несущей способностью. Это может быть достигнуто монтажом на штатные пневмоколесные движители цепей противоскольжения, браслет и скоб, уширителей различных конструкций, установкой специальных шин низкого давления.

В настоящее время достаточно эффективно используются цепи противоскольжения различных конструкций. Они существенным образом увеличивают сцепление колеса с опорной поверхностью при движении по грунтовым, обледенелым и заснеженным дорогам. При этом в условиях снежной целины ощутимый эффект повышения проходимости наблюдается лишь при глубине снега до 0,5 от радиуса колеса.

Одним из способов повышения проходимости колесных машин является применение дискретных уширителей (рис. 3). Экспериментальная проверка их эффективности показала, что установка на колеса машины типа 8×8 четырнадцати уширителей обеспечивает снижение силы сопротивления движению на 30 %, прирост силы тяги – на 18 %. При этом преодолеваемая высота снежного покрова увеличилась на 25 % [1].

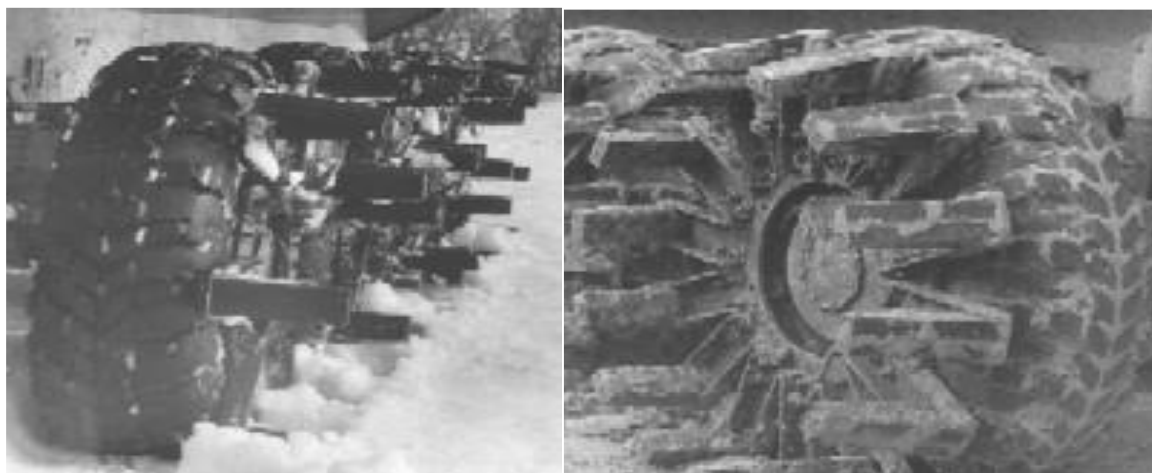


Рис. 3. Дискретные уширители конструкции НГТУ

Применение ленточного уширителя, представляющего собой две резиноканевые ленты, соединенные металлическими грунтозацепами и одевающимися аналогично цепям противоскольжения, увеличивает тяговые усилия колесной машины на снежной целине на 20–25 % и снижает сопротивление [1-2].

В настоящее время в качестве средств подвижности используется модернизированный двухзвенный гусеничный транспортёр плавающий ДТ-30ПМ с автономной системой электроснабжения, средствами связи и навигации, а также системой обогрева термоизолированных отсеков, а также технологического и другого оборудования [3].

В состав каждого технического средства (изделия) входят силовой и технологический блоки. Силовой блок смонтирован на первом звене базового

шасси, технологический – на втором. Основные технические характеристики базового шасси приведены в табл.1.

Таблица 1

Основные технические характеристики ДТ-30ПМ

Наименование характеристики	ДТ-30ПМ
Масса в снаряжённом состоянии, кг	29,5 ^{+0,5}
Грузоподъёмность, кг	30000
1 звено	12000
2 звено	18000
Внутренние размеры кузовов, мм:	
1 звено: длина/ширина	3398/2910
2 звено: длина/ширина	6530/2910
Среднее удельное давление на грунт, МПа (кг/см ²)	0,03 (0,3)
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	522 (710)
Максимальная скорость, км/ч:	
по дорогам	43
на плаву	4-5
Минимальный радиус поворота, м	16
Преодолеваемые препятствия с полной нагрузкой:	
максимальный угол подъема (спуска), град.	30
косогор, град.	15
высота стенки, мм	1200
ширина рва, м	4
Гарантийный пробег, км	6000
Пробег до капремонта, км	16000
Перевозка транспортом: железнодорожным транспортом воздушным автомобильным транспортом морским	в габарите 02-ВМ АН-22, АН-124 Прицепы ЧМЗАП 9990 и ЧМЗАП 5247Г по ГОСТ 26653-90

Материалы исследований показали, что технические средства тыла должны включать основное и дополнительное технологическое оборудование, смонтированное на базовом шасси. Модернизированный двухзвенный гусеничный транспортёр плавающий ДТ-30ПМ имеет автономную систему электроснабжения (основную) с дизельной электростанцией мощностью до 100 кВт и резервную, средства связи и навигации, а также систему обогрева термоизолированных отсеков первого и второго звеньев шасси, технологического и другого оборудования [4-7].

Техническое средство имеет защищённую устойчивую мобильную (спутниковую) связь с пунктом постоянной дислокации, а также оснащено специальной навигационной аппаратурой потребителей сигналов ГЛОНАСС.

Таким образом, в условиях Арктики имеется возможность применения двухзвенного гусеничного транспортёра ДТ-30ПМ для техники тыла с размещением основного, специального и вспомогательного технологического оборудования в унифицированных цельнометаллических термоизолированных

герметизированных обогреваемых кузовов с использованием электроэнергии от дизель-генератора (100 кВт) для функционирования оборудования и создания комфортных условий работы обслуживающему персоналу. Грузовые отсеки первого и второго звена используются под монтаж специального и технологического оборудования служб тыла.

Список литературы

1. Шаронов А.Н. Коновалов В.Б., Шаронов Е.А. Научное обоснование тактико-технических требований к разработке арктических технических средств продовольственной службы: Монография. МО РФ, ФГКВОУ ВО "Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва". - СПб: Р-КОПИ: ВАМТО, 2016. - 211с. ISBN 978-5-9908677-7-2.

2. Топоров А.В., Коновалов В.Б., Квашнин Б.С., Востряков И.В., Шаронов А.Н. Монография. Особенности применения технических средств служб материального обеспечения в условиях Арктики. – СПб: ООО «Р-КОПИ». ВАМТО, 2017. – 216 с.

3. Шаронов А. Н. Оценка транспортабельности и обоснование автономной системы энергоснабжения кухни арктической. Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2016. № 1 (13). С. 43-53.

4. Шаронов А.Н., Ларин И.А., Тимошенкова И.А. Исследование проблемных вопросов питания в северных районах. Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 1 (9). С. 76-80.

5. Шаронов А.Н., Ларин И.А., Тимошенкова И.А. Исследование проблемных вопросов питания в северных районах. Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 2 (10). С. 68-72.

6. Топоров А.В., Коновалов В.Б., Шаронов А.Н., Шаронов Е.А. Разработка тактико-технических требований и оценка технического уровня хлебопекарни арктической. Монография. МО РФ, ФГКВОУ ВО "Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва". - СПб: Р-КОПИ: ВА МТО, 2017. - 300с. ISBN 978-5-9909875-9-3.

7. Шаронов А.Н., Востряков И.В., Шаронов Е. А. Оценка вариантов и обоснование технологического оборудования цистерны арктической. МО РФ, ФГКВОУ ВО "Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва". - СПб: Р-КОПИ, 2017. - 200 с. ISBN 978-5-9909875-3-1.

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРЕЛЕВКИ ДРЕВЕСИНЫ В ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ

В.В. Швецова, Т.А. Гусева

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Аннотация. В статье рассмотрены существующие и перспективные машины, канатные трелевочные установки, оборудование на их базе, позволяющие эффективно выполнять заготовку и трелевку заготовленной древесины в условиях заболоченной и пересеченной местности. Материалы статьи направлены на то, чтобы дать толчок творческой мысли в области восстановления и развития конкурентоспособного отечественного машиностроения, продукция которого могла бы позволить эффективно осваивать лесосеки в сложных почвенно-грунтовых и рельефных условиях, характерных для многих лесных регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: лесосечные работы, трелевка, канатные трелевочные установки, заболоченные лесосеки, лесосеки на сильно пересеченной местности.

MACHINES AND EQUIPMENT FOR SKIDDING WOOD IN HARSH CONDITIONS

V.V. Shvetsova, T.A. Guseva

*Military Academy of telecommunications named after Marshal of the Soviet Union S.
M. Budyonny*

Abstract. The article examines the existing and future machines, the cable skidding installation, equipment on their base to effectively perform the harvesting and skidding of wood harvested in wetland conditions and rough terrain. The materials of the article are aimed at giving impetus to creative thought in the field of restoration and development of competitive domestic engineering, the products of which could effectively develop cutting areas in difficult soil-soil and relief conditions typical for many forest regions of the Russian Federation.

Keywords: logging operations, skidding, cable skidding installation, waterlogged cutting area, the cutting area on rugged terrain.

В настоящее время в лесозаготовительном производстве Российской Федерации все более остро встает проблема доступности лесных ресурсов – запасов спелых и перестойных эксплуатационных лесных насаждений [1]. Спелые эксплуатационные леса, расположенные на удобных для освоения лесосеках и в хорошей транспортной доступности во многом вырублены. В результате наблюдается ежегодный рост среднего расстояния вывозки заготовленной древесины, увеличение транспортной составляющей себестоимости лесозаготовительного производства, и общий рост стоимости заготовленной древесины [2]. Все это негативно сказывается на потребителях древесины – деревообрабатывающих и деревоперерабатывающих предприятиях, и, в конечном итоге, на общей эффективности лесного комплекса нашей страны.

Выращивание следующего поколения спелого, качественного леса, на месте срубленного, процесс достаточно длительный, требующий не только

временных, но и материальных затрат, на проведение необходимых лесохозяйственных работ [4, 5].

Надо отметить, что большинство крупных и средних лесоперерабатывающих предприятий расположены вблизи уже в значительной степени освоенных лесных массивов, а строительство новых таких предприятий требует очень значительных инвестиций [5].

Также отметим, что на уже освоенных лесных площадях остаются запасы спелых и перестойных лесных насаждений, расположенных на неудобных для лесопользования участках. Для Северо-Запада России они представлены, в основном, переувлажненными и заболоченными лесными участками, в Сибири и на Дальнем востоке – как заболоченными и переувлажненными участками, так и участками, расположенными в сильно пересеченной местности – на сопках, в горах, на холмисто-рядовых рельефах. При этом такие участки леса представляют собой особо ранимые экосистемы [6].

С одной стороны, для таких условий лесосечных работ возможно использование ранее достаточно известного в нашей стране оборудования – канатных трелевочных установок [7].

Существует два основных вида лесозаготовки с использованием канатных установок: 1) лесозаготовка с использованием на трелевке мобильных канатных установок, 2) лесозаготовка с использованием на трелевке стационарных канатных установок.

Для условий Северо-Западного региона РФ наиболее предпочтительно использование самоходных КТУ, поскольку при разработке не больших по площади лесосек они дают лучшие технико-экономические показатели [8].

Выбор основных параметров такой установки ограничивается следующими факторами:

- наиболее предпочтительным видом трелеваемого леса будут деревья или хлысты, поскольку повышение числа операций, выполняемых бензиномоторной пилой на лесосеке с пересеченным рельефом или со слабыми почво-грунтами приводит к значительному сокращению общей производительности;

- разработка указанных типов лесосек должна производиться, в основном, при помощи выборочных рубок, поскольку сплошная рубка приведет к эрозии почвы при пересеченном (холмисто-рядовом) рельефе, и дальнейшему заболачиванию, за счет резкого сокращения транспирации, на лесосеках с переувлажненными почвами.

Природно-производственные условия работы, в значительной мере обуславливают технологию работы и конструктивные требования к трелевочной технике.

Для самоходных канатных трелевочных установок в большей степени требуется возможность работы в весьма различных рельефных и почвенно-грунтовых условиях. Технология работы так же весьма различается в зависимости от рельефа и размеров лесосеки [9].

Лесозаготовка с использованием на трелевке мобильных канатных установок может производиться по трем технологиям: 1) прямоугольными

пасеками, 2) секторами, 3) с поочередным перемещением установки и переносом тяговой мачты.

В зависимости от формы рельефа, при одинаковой площади лесосеки, будет меняться среднее расстояние трелевки, требуемая канатоемкость и производительность установки. Наиболее предпочтительной формой лесосеки является первая, при которой среднее расстояние трелевки составляет $1/3$ длины всей установки, однако, учитывая, что природно-производственный условия являются случайными при проектировании самоходных КТУ необходимо ориентироваться на все возможные варианты.

Вопросам обоснования различных параметров самоходных КТУ (грузоподъемности, величины пролета и др.), а также условий их применения (запас леса на гектаре, площадь лесосеки и пр.) для условий разработки горных лесосек посвящено большое количество исследований [10, 11].

Однако для условий Северо-Западного региона эти результаты требуют тщательной переработки, из-за преобладания в лесосечном фонде равнинных лесов с переувлажненными почвами, относительно низких классов бонитета, имеющих более низкий запас леса на гектаре и меньший объем хлыста, кроме того такие лесосеки требуют других технологических решений при их разработке.

Также следует отметить, что при изучении указанного вопроса предшественниками практически не учитывалась экологическая составляющая работы первичного транспорта леса. Это связано с тем, что при весьма низком коэффициенте тары КТУ, по сравнению с трелевочными тракторами, априори считалось, что последствия полуподвесной канатной трелевки для лесной почвы можно не учитывать. Однако как показали исследования по изучению уплотняющего воздействия трелевочных систем на лесную почву, выполненные в последнее десятилетие участниками научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства», волочащая часть полновесной пачки древесины, при трелевке за вершины, оказывает даже более существенное уплотняющее воздействие, чем гусеничный движитель [12, 13].

Поскольку технология работы самоходных КТУ при разработке лесосек на слабых почвах и лесосек с пересеченным рельефом предусматривает, в основном, трелевку хлыстов за вершины к головной мачте, то можно предполагать, что выведенные в [14] закономерности необходимо будет учитывать применительно к конкретным условиям эксплуатации. Практически можно будет добиться минимизации уплотнения почвы пачкой древесины за счет обоснования грузоподъемности установки или поддержания постоянного и оптимального пятна контакта пачки с почвой, за счет внедрения мачт с изменяемой высотой (например, телескопических). Такое техническое решение позволяет также в производственных условиях свободно агрегатировать серийные трелевочные тракторы, превращая их, по мере необходимости, в самоходные КТУ [15].

К сожалению, как показывает практика, в России сейчас нет ни одной работающей на лесозаготовках канатной трелевочной установки. И, пока, нет

перспектив для их появления. Даже в сложных условиях эксплуатации лесозаготовители нашей страны, в основном, сейчас используют иностранные машины с колесными движителями [16]. Для трелевки такими машинами являются форвардеры.

При работе на переувлажненных почвогрунтах в теплый период года очень важным аспектом является колееобразование при многократных проходах форвардеров по волоку, поскольку при достижении глубиной колее значения дорожного просвета машины работоспособность волока будет исчерпана. Для уменьшения колееобразования традиционно используется укрепление волока порубочными остатками, а также применяют моногусеницы, хотя, даже в сочетании с укреплением трелевочных волоков порубочными остатками они далеко не всегда решают проблему [17].

Типов гусениц для колесных машин существует достаточно много, как и их производителей, например, Olofsfors AB, Clark, Rewag, и др. На сайтах всех ведущих производителей можно найти матрицу гусениц для лесных машин, позволяющую несложно выбрать оптимальную гусеницу под конкретную машину в конкретных условиях работы.

Есть модели гусениц для круглогодичной эксплуатации, например, ECO-TRACK TM / ECO-TRACK HS; модели для твердых грунтов, например, ECO-OF / ECO-OF HS; специальные гусеницы разработаны и для работы на слабонесущих почвогрунтах - ECO-Baltic, ECO-Magnum. Они щадяще воздействуют на почву и корневые системы деревьев. Обычная гусеница имеет меньшую опорную поверхность. А, например, гусеница ECO-Soft, при повышенной опорной поверхности, еще и позволяет легко маневрировать машине, что весьма важно при выборочных рубках [18].

ECO-Baltic и ECO-Magnum имеют наибольшие опорные поверхности, за счет чего проходимость машин на слабонесущих почвогрунтах существенно повышается. Следует также отметить, что использование гусениц позволяет заметно снизить износ колес, правда при этом наблюдается повышенный расход топлива, примерно, на 15% [19].

Конечно, приобретение дополнительного типа гусениц, отдельно для лесосек на слабонесущих почвогрунтах является дополнительными затратами для лесозаготовительного предприятия. Стоимость такой гусеницы, примерно, в два раза выше, чем обычной, за счет повышенного расхода металла и специальных технологий ее изготовления. Видимо этим объясняется тот факт, что очень немногие российский лесозаготовители их приобретают, хотя большинство сталкивается с проблемой освоения лесосек на слабонесущих почвогрунтах.

Вместе с тем, использование обычных гусениц на слабонесущих почвогрунтах приводит к повышенным эксплуатационным расходам, а также преждевременному выходу машин из строя, за счет повышенного износа и поломок трансмиссии (дифференциала, раздаточной коробки) [20].

При правильной эксплуатации и обслуживании болотоходных гусениц, они могут прослужить несколько летних сезонов. Также надо помнить, что для успешной эксплуатации машин на слабонесущих почвогрунтах необходимо

оснащать гусеницами и передние, и задние тележки, т.е. на одну машину требуется две пары гусениц.

Надо обращать внимание также на то, что как только почвенно-грунтовые условия лесосеки позволяют перейти на другой тип гусениц, например, ЕСО-TRACKTM, или вовсе отказаться от них, болотоходные гусеницы надо немедленно демонтировать для предотвращения их поломки. Отметим, что на снятие одной пары гусениц уходи 5 минут, а на их монтаж – 25 минут.

Обратим внимание, что эти гусеницы весьма дорогостоящие, их надо беречь, и следует использовать только тогда, когда освоение лесосеки на других гусеницах не эффективно. Особую опасность для гусениц представляет собой песок, который как агрессивный абразив приводит к быстрому износу звеньев и соединительных элементов.

Если почвогрунт в текучем или пластичном состоянии, то гусеницы прослужат значительно дольше, за счет гораздо меньшего абразивного износа, чем на сухом, песчаном грунте. Использование болотоходных гусениц на сухих почвогрунтах летом приведет к их полному износу за полгода.

Надо отметить, что при покупке колесной лесной машины, даже если в арендной базе не преобладают слабые почвогрунты, крайне целесообразно приобрести в комплект и обычные гусеницы. Это гарантирует возможность эффективной эксплуатации машины в несколько осложненных условиях.

В связи с проходимость форвардеров по слабым почвогрунтам отметим удачную конструкцию ходовой системы (тандемных тележек) машин фирмы Понссе, которая заключается в использовании принципа несбалансированного тандема. Такие танделы устанавливаются на машины Понссе, как говорится, «по умолчанию». Его конструктивные отличия позволяют существенно упростить, сделать надежнее, легче, и удешевить данный узел, а также значительно повысить проходимость машины, за счет того, что при преодолении препятствия, первое колесо переднего тандема не давит на почвогрунт, до момента схода с препятствия заднего колеса переднего тандема. А это означает, что машина всегда имеет максимально возможную опорную площадь, и, соответственно, минимальное давление на почвогрунт. На болоте конструкция несбалансированных танделов позволяет машинам PONSSE идти по верху, не зарываясь в почвогрунт.

Как уже отмечалось, если в СЗФО и ЦФО РФ к труднодоступным лесосекам относятся, в основном, лесосеки с переувлажненными и заболоченными почвогрунтами, то в Сибири и на Дальнем востоке к ним добавляются лесосеки на сильно пересеченной местности. Характеризующиеся достаточно крутыми и протяженными уклонами местности [21].

Эксплуатация и техническое оснащение форвардеров в таких условиях имеет свои особенности. Как и в случаях работы на лесосеках со слабыми почвогрунтами, машины, прежде всего, надо оснастить правильным типом гусениц.

Универсальный шарнир позволяет полурамам форвардеров наклоняться в вертикальной плоскости относительно друг друга на угол до 15°. Это разгружает раму при движении машины по пересеченной местности и

обеспечивает высокую проходимость при значительной длине продольной базы. За счет возможности блокировки шарнира в горизонтальной плоскости обеспечивается повышенная устойчивость при работе форвардера в режимах погрузки и разгрузки [22].

Применение в конструкциях машин системы горизонтального выравнивания платформы с кабиной, позволяет устойчиво работать на склонах и расширяет функциональные возможности харвестеров и форвардеров при эксплуатации на пересеченной местности. Благодаря высокой устойчивости выше скорость движения и ниже время цикла на пересеченной местности.

Для облегчения работы форвардеров на больших уклонах производители оснащают их лебедками, впрочем как и харвестеры. Например, машины фирмы Понссе могут эффективно использоваться на уклонах до 41°. Правда, при условии, что они будут дополнительно оснащены лебедкой Synchrowinch. Это делается на заводе-производителе, поэтому, если лесозаготовитель изначально планирует эксплуатировать машины на пересеченной местности, то следует обратить внимание дилера на необходимость доукомплектования машины лебедкой.

Без лебедки машины оптимально эксплуатировать на уклонах до 25°. В принципе, машина оснащенная гусеницами, без лебедки, может работать и на уклонах до 30°, но при этом начинают проворачиваться гусеницы, трансмиссия испытывает повышенную нагрузку, что приводит к повышенному расходу топлива, повышенному износу гусениц и колес, и существенному снижению производительности.

Лебедка позволяет зацепиться тросом за верх склона, и помогает машине, как человек рукой, помочь карабкаться по склону. Она стабильно держит тросом машину на уклоне, не дает пробуксовывать трансмиссии, позволяет экономить топливо. Длина троса лебедки составляет 300 м.

Несбалансированные тандемы колесных лесных машин хуже работают при преодолении препятствий на крутых склонах, чем сбалансированные. Поэтому, в принципе, если на территории арендной базы лесозаготовительного предприятия преобладают лесосеки на сильно пересеченной местности, приобретая колесную машину, надо обратить внимание на то, что в ее конструкции должны быть сбалансированные тандемы. Но, в настоящее время, фирмой Понссе выпускаются машины с восьмиколесной формулой, для которых горные лесосеки, при условии их оснащения оптимальным видом гусениц, не являются препятствием даже при несбалансированном тандеме. Это связано с тем, что при оснащении всех пар гусеницами, машина, в принципе, превращается, практически, в чисто гусеничную, и эффект отслеживания колес исчезает.

Правда, в любом случае, при работе на уклонах возрастает расход топлива, только если при использовании лебедки повышение расхода топлива, по сравнению с работой на равнине, составляет около 5%, то без лебедки эта цифра достигает уже, примерно, вдвое.

При работе на крутых склонах у форвардеров устанавливается задняя решетка отсека, препятствующая выпаданию сортиментов. Эта решетка является дополнительной опцией, устанавливаемой производителем.

Лебедка очень существенно помогает и при работе машин на склонах в зимний период, когда из-за снега и наледи склон, вдобавок ко всему, становится еще и скользким.

Список литературы

1. Мохирев А.П. Факторы доступности древесных ресурсов: анализ влияния на ключевые критерии / А.П. Мохирев, М.О. Позднякова, О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Системы. Методы. Технологии. 2018. № 1 (37). С. 110-115.

2. Куницкая О.А. Актуальные проблемы лесозаготовительного производства в России на рубеже 2015 года / О.А. Куницкая // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 5-4 (10-4). С. 183-186.

3. Григорьева О.И. Перспективные направления повышения эффективности проведения рубок ухода за лесом / О.И. Григорьева // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 56-58.

4. Сафин Р.Р. Технология и машины лесовосстановительных работ /Р.Р. Сафин, И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, Е.Ю. Разумов М.: Деревообрабатывающая промышленность, 2015. 230 с.

5. Тамби А.А. Обоснование необходимости внедрения процессов промышленного лесопиления в структуру лесозаготовительной отрасли /А.А. Тамби, И.В. Григорьев, О.А. Куницкая // Лесной журнал. 2017. № 6. С. 76-88.

6. Григорьев И.В. Основные направления обеспечения экологической безопасности лесозаготовительного производства / И.В. Григорьев, О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-1 (13-1). С. 202-205.

7. Свойкин Ф.В. Мобильная канатно-рельсовая трелевочная установка /Ф.В. Свойкин, И.В. Григорьев // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник, № 1 (93), 2013. С. 137-142.

8. Мурашкин Н.В. Экономическая эффективность применения канатных трелевочных установок /Н.В. Мурашкин, В.В. Лавришин, И.В. Григорьев // Сборник научных трудов «Безопасность жизнедеятельности» СПб.: МАНЭБ, вып. № 10. 2006 С. 140-142.

9. Мурашкин Н.В. Себестоимость трелевки древесины канатными трелевочными установками / /Н.В. Мурашкин, В.В. Лавришин, И.В. Григорьев// Сборник научных трудов «Безопасность жизнедеятельности» СПб.: МАНЭБ, вып. № 10. 2006. С. 97-98.

10. Берг Л.В. К экономическому обоснованию создания самоходной лебедки для трелевки леса в горных условиях /Л.В. Берг, Л.Г. Жарова// В кн.

Проблемы технологии и механизации лесосечных работ. Химки: ЦНИИМЭ 1969 г. С. 110-117.

11. Занегин Л.А. Испытание трелевочных канатных установок в бассейне озера Байкал /Л.А. Занегин, Б.Р. Ильяшенко, В.Н. Гарькуша// Лесоэксплуатация и лесосплав. Реферативная информация, вып. 32. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1973. С. 18-19.

12. Григорьев И.В. Средооадающие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации/ И.В. Григорьев, А.И. Жукова, О.И. Григорьева, А.В. Иванов СПб.: СПбГЛТА, 2008. -176 с.

13. Григорьев И.В. Влияние способа трелевки на эксплуатационную эффективность трелевочного трактора /И.В. Григорьев автореферат дис. канд. техн. наук. СПб.: СПбГЛТА, 2000. – 22 с.

14. Базаров С.М. Воздействие древесины на почву при трелевке в полупогруженном состоянии/ С.М. Базаров, И.В. Григорьев О.И. Григорьева// Повышение потенциальных свойств машин и механизмов лесного комплекса. Межвузовский сборник научных трудов. СПб.: СПбГЛТА. 2001. С. 22-29.

15. Григорьев И.В. Тыловая мачта для мобильной канатной трелевочной установки/И.В. Григорьев, А.И. Жукова, А.В. Иванов, О.И. Григорьева - Патент на полезную модель № 84181 опубл. 10.07.2009. Бюл. № 19.

16. Григорьев И.В. Перспективные направления опытно-конструкторских работ в лесном машиностроении /И.В. Григорьев, О.А.Куницкая // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 53-56.

17. Григорьев И.В. Особенности эксплуатации колесных лесных машин в сложных почвенно-грунтовых и рельефных условиях /И.В. Григорьев, С.Е. Рудов // Forest Engineering: материалы научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 67-71.

18. Григорьев И. Выбор машины для вывозки леса /И. Григорьев, Н. Чернуцкий// Лесная индустрия, № 7-8 (123-124). 2018. С. 42-49.

19. Григорьев И.В. Перспективная конструкция гусеничного форвардера /И.В. Григорьев, А.А. Чураков, О.И. Григорьева // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы международной научно-технической конференции. 2017. С. 140-144.

20. Добрецов Р.Ю. Квазибесступенчатые трансмиссии для лесных гусеничных машин /Р.Ю. Добрецов, И.В. Григорьев // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2018. Т. 22. № 1 (125). С. 68-77.

21. Добрецов Р.Ю. Увеличение подвижности гусеничных вездеходов для вахтовых лесозаготовок /Р.Ю. Добрецов, И.В. Григорьев, В.А. Иванов // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 2 (30). С. 114-119.

22. Григорьев И.В. Совершенствование конструкции активного полуприцепа форвардера на базе сельскохозяйственного колесного трактора /И.В. Григорьев, А.А. Чураков // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. ред. Н. С. Захаров. 2018. С. 84-88.

ОРИГИНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ УПРУГОЙ МУФТЫ ДЛЯ ГАШЕНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ТРАНСМИССИЯХ

И.Н. Шило¹, Н.Н. Романюк¹, В.А. Агейчик¹, В.А. Эвиев², С.М. Лакутя¹

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, г.Минск, Республика Беларусь; ²Калмыцкий государственный университет им. Б.Б.Городовикова, г.Элиста, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с гашением крутильных колебаний в трансмиссиях при помощи упругой муфты. Предложена оригинальная конструкция упругой муфты, использование которой позволит повысить ее надёжность и долговечность работы.

Ключевые слова: трансмиссия, гашение крутильных колебаний, упругая муфта, оригинальная конструкция, надёжность работы, долговечность.

ORIGINAL DESIGN OF ELASTIC CLUTCH FOR SUPPRESSING OF TORSIONAL VIBRATIONS IN TRANSMISSIONS

I.M. Shyla¹, M.M. Ramaniuk¹, V.A. Aheichyk¹, V.A. Eviev², S.M. Lakutya¹

¹Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus; ²Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russian Federation

Abstract. The article deals with issues related to suppressing of torsional vibrations in transmissions using an elastic clutch. The original design of the elastic clutch is proposed, the use of which will increase its reliability and durability of operation.

Keywords: transmission, suppressing of torsional vibrations, elastic clutch, original design, reliability of operation, durability.

Крутильные колебания коленчатого вала возникают при его вращении под влиянием приложенных к кривошипам периодически действующих сил. Если период действия этих сил совпадает с периодом свободных колебаний коленчатого вала или кратен ему, то возникает явление резонанса: амплитуда крутильных колебаний возрастает, и вал вследствие увеличения напряжения может разрушиться. Двигатели конструируют так, чтобы резонанс не наступал при частоте вращения, соответствующей эксплуатационным режимам работы, однако крутильные колебания существуют всегда. Гаситель крутильных колебаний, устанавливаемый в некоторых конструкциях сцеплений, служит для предохранения трансмиссии от крутильных колебаний, которые могут возникнуть в ней вследствие неравномерности вращения коленчатого вала двигателя, вызываемой его крутильными колебаниями.

Традиционно более полувека для гашения крутильных колебаний используется резиновая муфта.

Целью данных исследований явилось повышение надёжности и долговечности работы упругой муфты.

Проведенный патентный поиск показал, что известна упругая муфта [1] вала с механическим устройством сопряжения с ведущей стороны и механическим устройством сопряжения с ведомой стороны, каждое из которых предназначено для присоединения муфты к смежному элементу машины,

причем муфта содержит, по меньшей мере, два расположенных друг за другом между устройством сопряжения с ведущей стороны и механическим устройством сопряжения с ведомой стороны упругих резиновых элемента, осевая толщина материала которых возрастает по мере увеличения радиального расстояния до средней оси муфты, причём крутильная жесткость одного резинового элемента, по меньшей мере, в три раза больше крутильной жесткости другого резинового элемента, при этом осевая толщина материала резинового элемента при радиальном расстоянии всегда, по меньшей мере, в три раза больше, чем осевая толщина материала резинового элемента при том же радиальном расстоянии, а по меньшей мере, один из резиновых элементов имеет осевое отверстие.

Такая муфта имеет низкую надёжность и долговечность, так как в процессе работы механизма резиновые элементы в результате переменных деформаций нагреваются, что приводит к резкому снижению их упругих свойств, необратимым деформациям и разрушению.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана оригинальная конструкция упругой муфты [2] (рис.1).

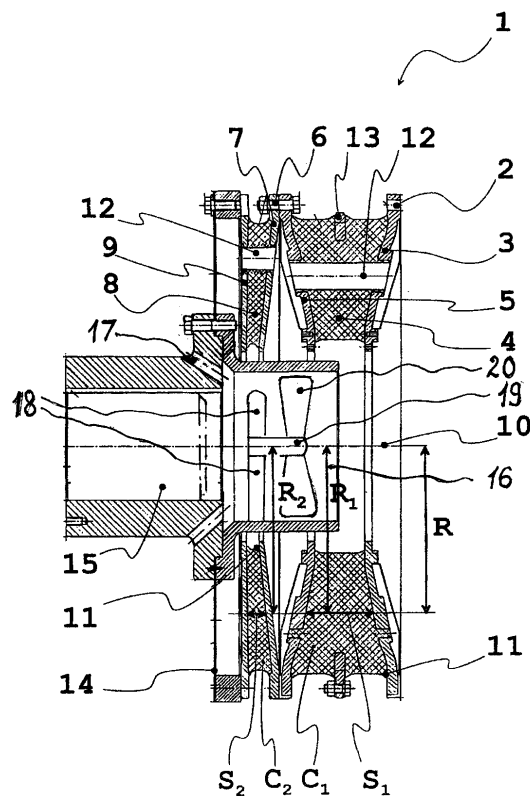


Рис.1. Упругая муфта

Упругая муфта 1 передает крутящий момент двигателя с ее правой стороны на редуктор (не показан) с ее левой стороны. Для этого муфта 1 имеет на правой стороне механическое устройство 2 сопряжения с ведомой стороны в виде фланца, к которому при помощи фланца со сквозными осевыми отверстиями присоединён вал двигателя (не показаны). Фланец механического

устройства 2 является составной частью первого диска 3, на который навулканизован первый резиновый элемент 4, который своей левой боковой стороной навулканизован на второй диск 5.

Осевая толщина S_1 первого резинового элемента 4 представляет собой расстояние между обоими дисками 3, 5, ограничивающими с боков первый резиновый элемент 4. Второй диск 5 свинчен винтом 6 с третьим диском 7, на который навулканизован второй резиновый элемент 8. Он ограничен с другой своей боковой стороны четвертым диском 9. Оба резиновых элемента 4, 8 значительно отличаются друг от друга по своей форме и своей крутильной жесткости. Так, осевая толщина S_1 материала первого резинового элемента 4 всегда в три раза больше осевой толщины S_2 материала второго резинового элемента 8 на том же радиальном расстоянии $R=R_1=R_2$. Осевая толщина S_1 , S_2 материала резиновых элементов 4, 8 понимается как расстояние между ограничивающими с боков дисками 3, 5, 7, 9, которое возрастает с радиальным расстоянием R до средней оси 10 муфты 1. К толщине материала не относятся оканчивающиеся остриями краевые зоны 11 резиновых элементов 4, 8 и осевые отверстия 12, служащие для вентиляции резиновых элементов 4, 8. Для расчета осевой толщины S_1 материала первого резинового элемента 4 во внешней краевой зоне завулканизованное в него опорное кольцо 13 не играет роли. Предельное отличие осевых толщин S_1 , S_2 материалов приводит к тому, что крутильная жесткость C_1 , C_2 резиновых элементов 4, 8 также разная. Поскольку жесткость уменьшается в зависимости от использованного количества резины, крутильная жесткость C_2 второго, более узкого, резинового элемента 8 примерно в три раза выше крутильной жесткости C_1 первого, более широкого, резинового элемента 4. Соотношение C_2/C_1 и S_1/S_2 составляет соответственно три, поскольку применялся один и тот же резиновый материал с одним и тем же коэффициентом удельной жесткости. Применение сортов резины с разными добавками обеспечивает дополнительный параметр оптимизации общего объема резины. К четвертому диску 9 привинчена диафрагменная пружина 14, которая передает крутящий момент дальше на наружную втулку 15, служащую в качестве механического устройства сопряжения с ведомой стороны, в которую вставлен входной вал редуктора. Наружная втулка 15 механического устройства сопряжения с ведомой стороны выполнена с расположенными симметрично её оси на одинаковом расстоянии от неё и друг от друга 12...16 сквозными отверстиями 17, соединяющими внешнюю поверхность наружной втулки 15 и её обращённую к устройству 2 сопряжения с ведущей стороны торцевую поверхность внутри полости внутренней втулки 16, в полости которой по её оси симметрии с помощью симметричных этой оси трёх радиальных стержней 18 закреплён симметрично оси симметрии втулки вал 19 с закреплёнными на нём лопастями 20 осевого вентилятора с возможностью во время вращения упругой муфты 1 засасывания воздуха через сквозные отверстия 17 и нагнетания его внутрь муфты и далее, в том числе через осевые отверстия 12, в сторону ведущей стороны с выходными отверстиями для воздуха.

При работе двигателя в упругой муфте 1 оба резиновых элемента 4, 8 служат для гашения крутильных колебаний. Кроме того, первый резиновый элемент 4 компенсирует радиальное смещение упруго подвешенного двигателя относительно жестко установленного редуктора. Второй резиновый элемент 8 имеет меньшую на коэффициент 3 осевую толщину S_2 материала, поэтому он в радиальном направлении жестче первого резинового элемента 4 и тем самым почти не компенсирует радиальное смещение. Диафрагменная пружина 14 выполнена жесткой в периферийном и радиальном направлениях и компенсирует осевые сдвиги между механическим устройством 2 сопряжения (фланец) с ведущей стороны и механическим устройством сопряжения (наружная втулка 15) с ведомой стороны. Лопастями 20 осевого вентилятора во время вращения упругой муфты 1 засасывают холодный воздух через сквозные отверстия 17 наружной втулки 15 и нагнетают его внутрь упругой муфты 1 и далее, в том числе через осевые отверстия 12, в сторону фланца ведущей стороны с выходными отверстиями для воздуха, охлаждая упругие элементы 4 и 8, способствуя тем самым сохранению упругих свойств и повышая их долговечность.

Список литературы

1. Патент РФ № 2426018 С2 МПК F16D3/50; F16D3/76, 2007.
2. Упругая муфта: патент 7998 U Респ. Беларусь, МПК F16D3/50, F16D3/76 / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20110676; заявл. 05.09.2011; опубл. 28.02.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2012. № 1.С.242-243.

ВЛИЯНИЕ ДВОЙНОЙ ПОДАЧИ ТОПЛИВА НА ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

М.А. Шишкалова, Г.Д. Матиевский, А.Е. Свистула

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация. В статье предлагается применение специальной форсунки в целях исследования суммарных потерь топлива при реализации двойной подачи на базе одноцилиндровой установке дизеля размерностью 130/140, влияние объема предварительной порции топлива на основные показатели рабочего процесса, и, в первую очередь, на состав вредных выбросов и их уменьшение. Предлагаются мероприятия по минимизации потерь топлива и анализ зависимости среднего давления механических потерь от величины предварительной подачи полученные методом «прокрутки», определен её оптимальный диапазон. Дается оценка вероятности снижения экономичности цикла, связанная с подавлением скорости выделения теплоты в начальной фазе сгорания в районе верхней мертвой точки, с другой стороны это ведет к оптимизации максимального давления и температуры сгорания, что в совокупности влияет на повышение ресурса ДВС.

Ключевые слова: *дизель, топливоподача, вредные выбросы, экономичность цикла, топливо, двойная подача, потери, расход, форсунка.*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF DUAL FUEL FEED IN THE ENGINE BY REDUCING FUEL-AIR MIXTURE LOSSES

M.A. Shishkalova, G.D. Matievskiy, A.E. Svistula

Altai state technical University. I.I. Polzunov

Annotation. The article proposes the use of a special nozzle to study the total loss of fuel in the implementation of a double feed on the basis of a single-cylinder diesel unit with a dimension of 130/140, the effect of the volume of the pre-portion of fuel on the main indicators of the working process, and, first of all, on the composition of harmful emissions and their reduction. Measures to minimize fuel losses and analysis of the dependence of the average pressure of mechanical losses on the value of the pre-feed obtained by "scrolling", determined its optimal range. The estimation of the probability of reducing the efficiency of the cycle associated with the suppression of the rate of heat release in the initial combustion phase in the upper dead center, on the other hand, this leads to the optimization of the maximum pressure and combustion temperature, which together affects the increase in the life of the engine.

Keywords: *diesel, fuel supply, harmful emissions, cycle efficiency, fuel, double feed, loss, flow, nozzle.*

В связи с неуклонным ростом уровня автомобилизации в стране ещё большую актуальность приобретают решение вопросов касающихся разработки мероприятий по снижению вредных выбросов и уменьшению расходов топлива в двигателе внутреннего сгорания. Интенсивное развитие различных отраслей народного хозяйства в Алтайском крае, в которых автомобильный транспорт играет ключевую роль, является основным фактором указанного роста числа автомобилей. Один из вариантов реализации поставленной задачи по улучшению показателей работы дизеля можно считать применение двухступенчатой подачи топлива, результат внедрения которой обеспечит существенное положительное влияние на состав отработавших газов и оптимизацию расхода топлива.

При двойной подаче топлива предусматривается разделение цикловой порции на две части по количеству и по времени подачи. Одна из них – основная, большого объема, подается в цилиндр в районе верхней мертвой точки (ВМТ) в такте сжатия, как это обычно делается в дизеле. Вторая – предварительная меньшего объема, предшествует основной и подается в систему впуска или в цилиндр на тактах впуска, сжатия или в конце выпуска (Вигом-процесс).

Механизм воздействия на рабочий процесс выражается через сокращение периода задержки воспламенения, связанного с тем, что впрыск основной порции топлива осуществляется в среду, в той или иной мере гомогенизованную и ионизированную протеканием холоднопламенных реакций окисления запальной порции топлива [4]. В результате скорость выделения теплоты в начальной фазе сгорания заметно снижается в сравнении с одноразовым (традиционным) впрыскиванием. При такой трансформации процесса сгорания (в начальной фазе) снижается скорость нарастания давления, максимальные давление и температура сгорания. Открываются возможности использования топлив с низким цетановым числом или водотопливных

эмульсий, реализации в какой-то степени многотопливности, снижения тепловой и механической нагруженности двигателя, шумности, уровня вредности и дымности отработавших газов.

Один из основных факторов положительного влияния на эффективность использования теплоты в цикле, заключается в значительной гомогенизации смеси запальной порции топлива и сокращение продолжительности основной подачи, которые уменьшают продолжительность фаз основного сгорания и догорания топлива.

Изменение условий смесеобразования и сгорания при двойной подаче в сравнении с традиционной одноразовой подачей с точки зрения экономичности цикла и двигателя не является единственной, а возможно и не всегда главной причиной снижения эффективного КПД. Есть и другие, непосредственно связанные с реализацией способа подачи первичной дозы топлива и приводящие к прямым ее потерям. Наиболее отчетливо они просматриваются при подаче первичной порции штатной форсункой в цилиндр в начальной фазе такта впуска (в конце выпуска) в период продувки цилиндра, когда открыты оба клапана: впускной и выпускной, и практически отсутствуют при ступенчатом впрыске топлива [3].

Прямые потери части запальной дозы топлива обусловлены двумя причинами. Первая, это возможный унос части топлива с отработавшими газами, покидающими цилиндр через еще открытые выпускные клапаны, что наиболее характерно для двигателей с газотурбинным наддувом и интенсивной продувкой цилиндра свежим зарядом [2].

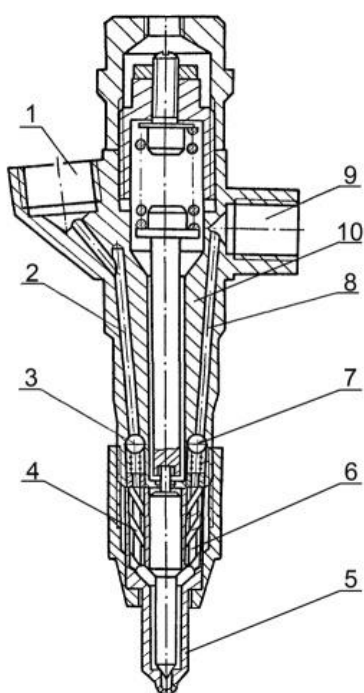
Вторая, связанная с тем, что в сравнении с впрыском основной порции топлива в камеру сгорания (КС) впрыск запальной осуществляется при других условиях: отсутствует противодействие впрыску, увеличивается объем цилиндра, ниже температура среды, более интенсивные турбулентные пульсации газовой среды. Все это, с учетом высокой кинетической энергии топливной струи, несмотря на ориентацию траектории топливных факелов в КС, позволяет части топлива, отраженной от поверхности КС и днища поршня и захваченной вихревым движением воздушного заряда, переноситься на менее нагретые поверхности цилиндра. Откуда не успевшее испариться топливо снимается поршневыми кольцами, тем самым, увеличивая прямые потери запальной дозы топлива.

Минимизация суммарных потерь запальной порции достигается подбором некоторых компромиссных условий по фазе и количеству подаваемого топлива по тому, что условия получения минимальных прямых потерь топлива, обуславливаемых действием первой и второй причин, не совпадают или даже противоположны. Так, для уменьшения потерь топлива, связанных с попаданием на стенку цилиндра, необходимо обеспечить его впрыск предположительно непосредственно в КС, т.е. в начале впуска при подходе поршня к ВМТ по фазе примерно аналогичной той, при которой осуществляется впрыск основной порции топлива в КС в конце такта сжатия. Но тогда необходимо осуществлять предварительный впрыск в фазе принудительного выпуска до ВМТ, что увеличивает вероятность роста прямых

потерь топлива в систему выпуска, накапливающихся в течение всего периода перекрытия клапанов [9].

Впрыск топлива осуществлялся специальной форсункой (дообработанная серийная форсунка). Опытная система отличается от типовой тем, что подача топлива к специальной форсунке производится не одной, а двумя насосными секциями высокого давления с одинаковыми трассами движения топлива. Каждую из насосных секций можно настроить на свои индивидуальные значения количества и момента начала подачи топлива. Первую – за счет независимого управления поворотом плунжера каждой из насосных секций. Вторую – благодаря имеющейся возможности изменения положения кулачковой шайбы на общем кулачковом валу каждой из насосных секций по отношению к коленчатому валу при неработающем двигателе. Имеется и устройство изменения угла начала подачи топлива для одной или обеих работающих секций без останова двигателя, благодаря использованию косозубого зацепления в приводе кулачкового вала.

Применением двух насосных секций для подачи топлива в линии высокого давления к форсунке специальной конструкции осуществляется независимый впрыск в цилиндр двух порций топлива как по моменту, так и по количеству впрыскиваемого топлива (рис.1).



- 1 – штуцер подачи первичной порции;
- 2,4 – канал подачи первичной порции;
- 3 – обратный клапан;
- 5 – распылитель;
- 6,8 – канал подачи основной порции;
- 7 – обратный клапан;
- 9 – штуцер подачи основной порции;
- 10 – корпус форсунки

Рисунок 1 – Двухканальная форсунка для обеспечения двойного впрыска топлива [7]

Электрогидравлическая форсунка производства ОАО «АЗПИ» имеет две характерные полости. Одна – рабочая полость распылителя (полость дифференциальной площадки распылителя) и вторая – полость управляющего электромагнитного клапана. Обе полости заполняются топливом под высоким

давлением от аккумулятора. В полость распылителя топливо поступает по впускному каналу форсунки, в полость управления – через впускной дроссель. Последняя связана с линией слива топлива посредством сливного дросселя, открытие и закрытие которого управляется электромагнитным клапаном.

Удержание иглы распылителя в закрытом состоянии обеспечивается усилием, создаваемым давлением топлива в камере управления и затяжки пружины форсунки, превышающим открывающую силу, создаваемую давлением топлива на дифференциальную площадку иглы распылителя в рабочей полости.

При срабатывании электромагнитного клапана от электрического сигнала блока управления сливной дроссель открывается, и полость управления оказывается соединенной с линией слива. Давление в полости управления падает. Усилие запираения иглы распылителя становится меньше усилия, обеспечиваемого давлением топлива на конус иглы в рабочей полости. Игла поднимается, начинается впрыск топлива.

При обесточивании электромагнитного клапана сливной дроссель закрывается и отсоединяет линию слива от полости управления. Давление в ней возрастает до максимального, и совместно с действием пружины форсунки на иглу распылителя создается сила, превышающая по значению силу, действующую в обратном направлении со стороны рабочей полости. Игла закрывается. Впрыск завершается.

Таким образом, момент начала впрыска, продолжительность (количество подачи) и закон подачи устанавливаются управлением электромагнитным клапаном, осуществляемым в координатах «угол-время» системой электронного регулирования работы дизеля с помощью двух датчиков: один измеряет частоту вращения коленчатого вала, другой определяет фазы распределительного вала.

Созданная экспериментальная система двухразовой подачи является универсальной в том смысле, что дает возможность осуществлять двухступенчатую подачу с управлением фазой и величиной каждой порции. В исследованиях система была настроена на двухступенчатую подачу топлива по схеме на рис.2.

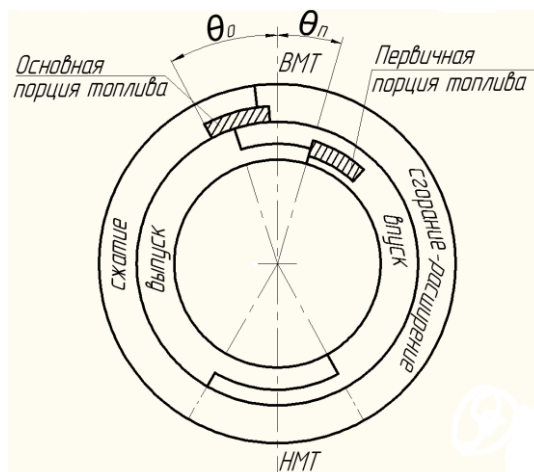
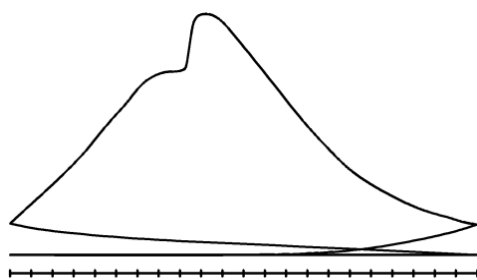
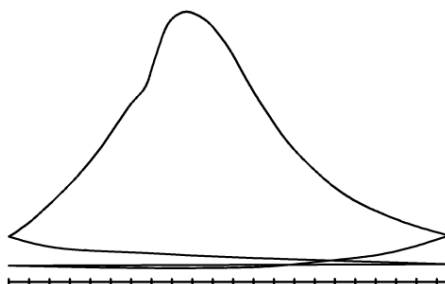


Рис.2. Диаграмма фаз двойной топливоподачи

Для определения величины запальной дозы топлива, при которой происходит ее самовоспламенение на работающем под нагрузкой дизеле, был принят следующий метод: при заданной исходной нагрузке (индикаторной или эффективной) на двигателе с помощью имеющегося устройства задавался заведомо поздний угол опережения впрыска топлива при нулевой предварительной подаче. Индикаторная диаграмма, фиксируемая на экране осциллографа, как известно, приобретает характерный вид: начало видимого сгорания сдвигается на линию расширения (рисунок 3а). Затем осуществляется последовательное увеличение предварительной подачи, и фиксируется ее значение, при котором индикаторная диаграмма приобретает типичный вид с началом сгорания до ВМТ (рисунок 3б). Оно и принималось за границу преждевременного воспламенения запальной порции топлива.



а) позднее воспламенение (без подачи предварительной порции топлива)



б) преждевременное воспламенение дополнительной порции топлива

Рис.3.Индикаторная диаграмма

Необходимое изменение часового расхода топлива вытекает из выражения [8]

$$N_e = \frac{G_m}{g_e} = const, \quad G_m = G_{mн} \frac{g_e}{g_{ен}} = G_{m.м} \frac{g_e}{g_{e.м}}, \quad (1)$$

из которого следует, что для получения постоянной мощности часовой расход топлива должен изменяться пропорционально изменению удельного эффективного расхода g_e .

Изменение цикловой подачи топлива получим из уравнения, в котором вместо расхода g_e введена обратная ему величина - эффективный КПД η_e

$$q_{mн} \cdot n_n \cdot \eta_{ен} = q_m \cdot n \cdot \eta_e ;$$

$$q_m = q_{m_n} \frac{n_n}{n} \cdot \frac{\eta_{e_n}}{\eta_e} \quad (2)$$

То есть цикловой расход топлива должен быть обратно пропорциональным изменению произведения $\eta_e \cdot n$.

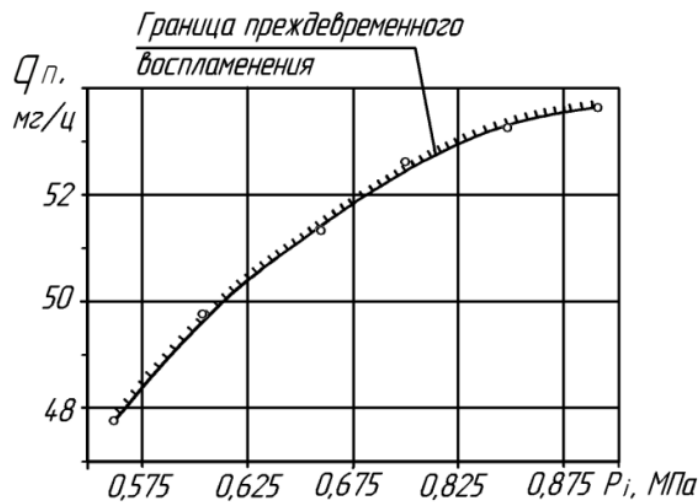
Если за исходный режим принят режим максимального крутящего момента с $n = n_m$, то формула (3) принимает вид

$$q_m = q_{m_m} \frac{n_m}{n} \cdot \frac{\eta_{e_m}}{\eta_e} \quad (3)$$

Выражение для определения эффективного КПД η_e запишется как произведение $\eta_i \cdot \eta_m$

$$\eta_e = \frac{\alpha[\eta_{i_m}/\alpha_m - (\alpha - \alpha_m)\xi + \beta(K-1)\alpha/\alpha_m]}{[1 + K(a + \epsilon C_m + dC_m^2 + h \frac{K_n - K}{K})]} \quad (4)$$

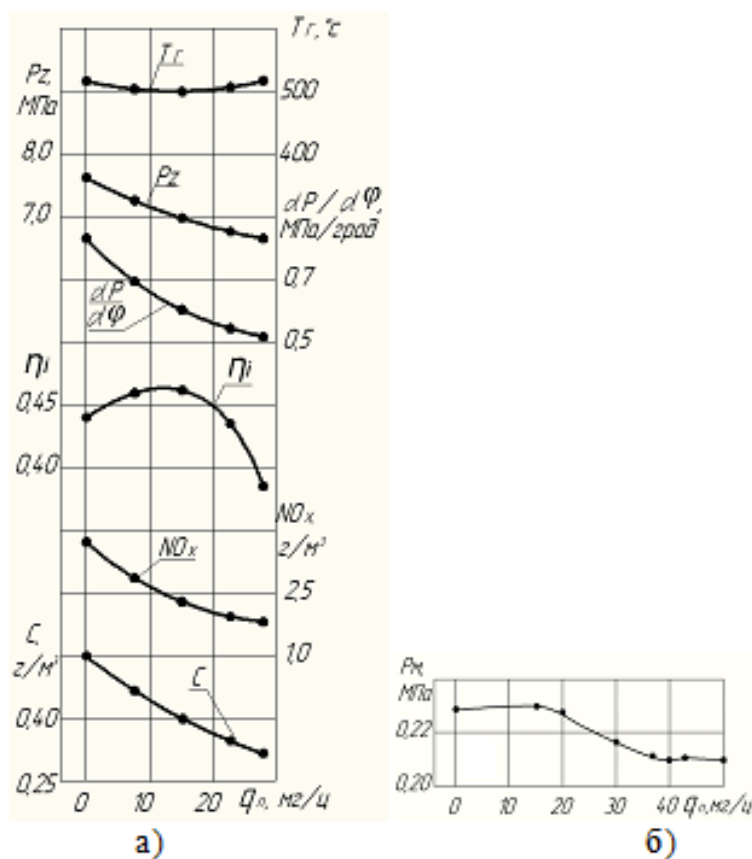
Обобщающий график изменения границы преждевременного воспламенения предварительной порции в функции исходной индикаторной нагрузки, представлен на рис.4.



$n = 1750 \text{ мин}^{-1}$, 4-сопловый распылитель

Рис.4. Граница преждевременного воспламенения

Откуда следует, что граничные порции топлива достаточно большие, в среднем около 50 мг/ц, что составляет более половины от цикловой подачи номинального режима, имеют тенденцию к увеличению с ростом нагрузки [1].



$n=1750 \text{ мин}^{-1}$; $P_i=0,875 \text{ МПа}$; 4-сопловый распылитель

Рис.5. Влияние предварительной порции топлива на показатели дизеля

Анализируя графики на рис.5а, можно установить зону эффективного воздействия двухступенчатой подачи на показатели работы двигателя. В этой зоне, расположенной в диапазоне изменения $q_n = 0 - 20 \text{ мг/ц}$, индикаторный КПД η_i больше (или равен на границах зоны), а значения жесткости, максимального давления сгорания, содержания оксидов азота и сажи в отработавших газах ниже по сравнению с исходным режимом при $q_n = 0$.

Выход за правую границу зоны нежелателен по причине существенного уменьшения КПД η_i .

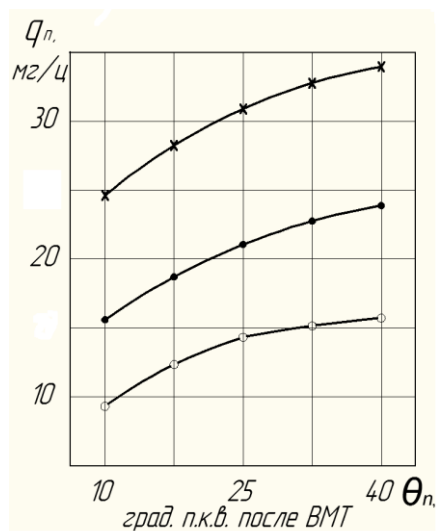
Для достижения наибольшего увеличения индикаторного КПД до 5 % с меньшим эффектом снижения динамики цикла, дымности и токсичности в сравнении с исходным режимом необходимо назначать оптимальное значение $q_n = 15 \text{ мг/ц}$. Для получения большего эффекта в снижении максимального давления, жесткости сгорания и содержания в ОГ оксидов азота следует принимать $q_n = 20 \text{ мг/ц}$ [10].

На рис.5б, обращает внимание зависимость среднего давления механических потерь P_m от величины предварительной подачи q_n , полученного методом «прокрутки», в расширенном диапазоне изменения q_n . Начиная с подачи, несколько большей 20 мг/ц, четко прослеживается снижение давления

механических потерь на 10 % от величины P_m в исходном режиме работы дизеля при $q_n = 0$. Причиной такого снижения давления P_m , как отмечалось выше, является попадание части предварительной порции топлива в масляную пленку зеркала цилиндра и ее разжижение, несмотря на ориентацию топливных струй в камеру сгорания [5].

Исследованиями двухступенчатой подачи топлива (запальной порции по завершению процесса выпуска в такте впуска и основной, как обычно, при подходе поршня к ВМТ в такте сжатия), реализованной топливоподающей аппаратурой непосредственного действия, выявлена возможность снижения индикаторного расхода топлива на 4 %, максимальных давления цикла и скорости его нарастания соответственно на 10 и 25 %, содержания оксидов азота до 40 %, дымление – на 30 %, при условии оптимальной запальной дозы, составляющей порядка 20 % от основной и определяемой совокупным изменением рабочего процесса и прямыми потерями запальной порции.

Для установления факторов влияния на вторую характерную величину подачи q_n^M были проведены пробные испытания по углу начала подачи первичной дозы топлива q_n для трех видов распылителей, отличающихся числом сопловых отверстий и их диаметром с неизменным общим эффективным проходным сечением: односопловым (центральное положение), четырех- и пятисопловым. Результаты испытаний (рис.6) показывают увеличение q_n^M при переходе от односоплового распылителя к пятисопловому и с ростом угла запаздывания впрыска первичной дозы топлива после ВМТ.



о – 1-сопловый распылитель; • – 4-сопловый распылитель;
x – 5-сопловый распылитель

Рисунок 6 – Параметры предварительной порции топлива q_n^M

Наиболее вероятной причиной получения лучших результатов в случаях пятисоплового распылителя при более поздних углах θ_n следует считать снижение кинетической энергии топливной струи при контакте с

поверхностями камеры сгорания и днища поршня, обусловленное меньшими массой и скоростью вытекающего топлива и увеличением длины пролета струи к моменту встречи с поверхностями. Эти факторы уменьшают количество топлива, отраженного от поверхностей, частично попадающего на стенку цилиндра и снижающего механические потери. Соответственно величина q_n^M сдвигается в область более высоких значений.

Список литературы

1. Некрасова, М.А. Повышение давления впрыска топлива и его влияние на состав отработавших газов/ М.А. Некрасова, Г.Д. Матиевский, А.Е. Свистула // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2017. Т. 4. № 1 (7). С. 297-300.

2. Матиевский, Г.Д. Оценка снижения уровня вредных выбросов отработавших газов дизеля при работе по оптимизационной характеристике [Текст] / Г.Д. Матиевский, А.Е. Свистула, М.А. Некрасова // В сборнике: Современные транспортные технологии: задачи, проблемы, решения Сборник трудов Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Научный редактор В.С. Кукис. 2017. – с. 90-94.

3. Матиевский, Г.Д. Снижение расхода топлива и вредных выбросов тракторного дизеля (монография)/ Г.Д. Матиевский, М.А. Некрасова, А.Е. Свистула, М.Э. Брякотин // Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing; ISBN: 978-3-659-87686-8 – 2016 – 210 с.

4. Свистула, А.Е. Двойная подача топлива в дизеле с топливной системой непосредственного действия разделенного типа [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Ползуновский вестник. – № 4. – 2009. – С. 166-172.

5. Свистула А.Е., Исследование оптимизационной скоростной характеристики двигателя постоянной мощности [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Двигатели внутреннего сгорания. – № 2. – 2011. – с. 46-49.

6. Свистула, А.Е. Оптимизация скоростного режима дизеля по характеристике постоянной мощности [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский, М.Э. Брякотин// Известия Международной академии аграрного образования. – Т. 4. – № 16. – 2013. – С. 225-230.

7. Свистула, А.Е. Патент на полезную модель 42073 Российская Федерация, МПК7 F 02 M 25/022. Система питания дизеля. / А.Е. Свистула, Д.Д. Матиевский, Е.М. Калюжный, А. Тактак (РФ) - № 2004121938/22; заявл. 19.07.2004; опубл. 20.11.04, бюл. № 32.

8. Свистула А.Е., Повышение показателей рабочего процесса дизеля двойной подачей топлива [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // В сборнике: Повышение экологической безопасности автотракторной техники Российская Академия транспорта, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Барнаул, – 2010. – с. 80-86.

9. Свистула, А.Е. Повышение экономичности и снижение вредных выбросов дизеля на режимах постоянной мощности [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Ползуновский вестник. – № 3-1. – 2012. – с. 113-117.

10. Свистула А.Е., Эффективность двойной подачи топлива в дизеле [Текст] / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский // Двигатели внутреннего сгорания. – № 1 – 2010. – с. 17-21.

РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ С ДИСКРЕТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНОЙ ТЕХНИКИ

М.Р. Юлтыев

Самарский национально исследовательский университет С.П. Королева

Аннотация. В статье будет показана разработка гидростатической трансмиссии с дискретным управлением для малогабаритной техники. Представлены расчёты спроектированной принципиальной гидравлической схемы с открытым контуром, которая бы обеспечивала необходимые условия работы мобильной платформы, будет выполнен подбор оборудования. Произведено динамическое моделирование, что позволит предварительно оценить эффективность использования гидростатической трансмиссии на малогабаритной технике. Разработаны электронные модели деталей и электронная модель сборки мобильной платформы.

Ключевые слова: гидростатическая трансмиссия, рабочая жидкость, кондиционеры рабочей жидкости, универсальная робототехническая платформа.

DEVELOPMENT OF HYDROSTATIC TRANSMISSION WITH DISCRETE CONTROL FOR SMALL-SIZED EQUIPMENT

M.R. Yltyev

Samara National Research University S.P. Korolev

Abstract. This article will show the development of a discrete-controlled hydrostatic transmission for small-sized vehicles. There will be presented the calculations of the designed open-loop hydraulic circuit, which would provide the necessary working conditions of the mobile platform, the equipment will be selected. There will also be a dynamic simulation, which will pre-evaluate the effectiveness of the use of hydrostatic transmission on small-sized equipment. Electronic models of parts and an electronic model of assembling a mobile platform will be developed.

Keywords: hydrostatic transmission, working fluid, valve distributor, hydraulic valve, working fluid conditioners, universal robotic platform.

На сегодняшний день человек активно использует робототехнические мобильные комплексы. Такие машины могут работать практически в любых условиях и при этом эффективно выполнять различные операции, связанные с трудовой или иной деятельностью. Для эффективной работы гидропривода используют различные вариации управления: регулируемый насос или регулируемый гидромотор преимущественно в гидросистеме с замкнутым контуром, управляющая гидроаппаратура [1,2].

Существуют дополнительные методы повышения энергетической эффективности системы: использование дополнительного источника расхода в виде подпитывающего насоса, использование гидроаккумулятора, управление потоком жидкости с помощью пропорциональной гидроаппаратуры, с помощью дискретного управления [3].

Цель работы – разработка гидростатической трансмиссии с дискретным управлением для малогабаритной техники.

Работа проводилась на научно-технической базе кафедры «Автоматические системы энергетических установок» Самарского университета.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью предварительного расчета является определение основных параметров гидропривода и создание электронной модели изделия в программном обеспечении SolidWorks 2016 [4].

Расчёт гидравлического привода будет проводиться на основе следующих данных: мощность привода насоса до 5,5 кВт; рабочее давление в системе не более 21 МПа; гидропривод с дискретным регулированием потока жидкости; минимальные габариты гидромоторов; напряжение питания блока электроники 24В ± 10% постоянного напряжения; напряжение питания дискретных распределителей 24В ± 10% постоянного напряжения; напряжение питания электродвигателя 220 В ± 10% переменного напряжения; условие работы (климатическая зона эксплуатации): от минус 20 до плюс 50°С.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Выбор номинального давления. Номинальное давление в гидросистеме назначают в соответствии с нормальным рядом давлений по ГОСТ 12445–80 (МПа). Принимаем номинальное давление в гидросистеме $p_{ном} = 20 \text{ МПа}$.

Выбор марки рабочей жидкости. Для гидростатической трансмиссии выбрана рабочая жидкость марки МГ-68-В. Такое масло работает в интервале температур от минус 30 до плюс 60°С.

Выбор привода насоса. Выбран асинхронный электродвигатель «АИР112М4». Выбираются $N_H = 20 \text{ МПа}$, переменное напряжение $U_n = 220 \text{ В}$ с частотой 50 Гц.

Определение параметров и выбор насоса. Наиболее простой и экономически эффективный среди существующих типов объёмных насосов является шестерённый. Общий КПД шестеренного насоса принимаем $\eta_H = 0,82$; объёмный КПД $\eta_0 = 0,9$.

Подача насоса Q_H (л/мин).

$$Q_H = Q_{ГП} = \frac{N_{ГП} \eta_H}{p_{ном}} = \frac{5,5 \cdot 10^3 \cdot 0,82}{20 \cdot 10^6} = 2,255 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} = 13,53 \text{ л} / \text{мин}$$

Рабочий объём насоса V_0 (см³).

$$V_0 = \frac{60 Q_{ГП}}{n_{ном} \eta_0} = \frac{60 \cdot 0,0002255}{1500 \cdot 0,9} = 1,002 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 10,02 \text{ см}^3$$

Размеры и подбор полумуфты из каталога производителя осуществляется по передаваемому крутящему моменту на валу электродвигателя:

$$M_{эл} = \frac{30N}{\pi n} k_o k_o = \frac{30 \cdot 5500}{\pi \cdot 1500} 1,5 \cdot 1,5 = 78,82 \text{ Нм}$$

По расчетному значению крутящего момента и рекомендациям поставщика «Гидравлика 24» выбрана полумуфта «SGE A 31 D04 077» для электродвигателя с $M_{эл} \leq 340 \text{ Нм}$, а также полумуфта «SGEA31FS200» для шестеренного насоса с коническим валом и упругий элемент «EGE3».

Действительное число оборотов вала насоса $n_{ном}$ (об/мин):

$$n_{ном} = \frac{Q_{гп}}{V_0 \eta_0} = \frac{0,0002255}{1,13 \cdot 10^{-5} \cdot 0,9} = 22,17 \text{ об/с} = 1330 \text{ об/мин}$$

Определение параметров и выбор гидромоторов. Потери давления по длине и на местных сопротивлениях, а также силы трения в исполнительных механизмах учитываются коэффициентом запаса по усилию $K_{з.у.} = 1,1 \dots 1,2$, а утечки рабочей жидкости – коэффициентом запаса по скорости $K_{з.с.} = 1,1 \dots 1,3$. Принимаем $K_{з.у.} = 1,1$; $K_{з.с.} = 1,1$.

Мощность гидромотора. Для определения мощности гидромотора используют формулу для расчета мощности гидропривода

$$N_m = \frac{N_{гп}}{K_{з.у.} K_{з.с.} z_m} = \frac{5,5 \cdot 10^3}{1,1 \cdot 1,1 \cdot 6} = 757,6 \text{ Вт} = 0,7576 \text{ кВт}$$

Момент на валу M_p (Нм) исполнительного органа машины. Полезная мощность гидромотора определяется по формуле:

$$M_p = N_m \frac{30 \eta_p}{\pi n_p} = 757,6 \frac{30 \cdot 0,96}{\pi \cdot 300} = 23,15 \text{ Нм}$$

Момент на валу гидромотора M (Нм).

$$M = \frac{30 N_m}{\pi n_m} = \frac{30 \cdot 757,6}{\pi \cdot 1500} = 4,823 \text{ Нм}$$

Рабочий объем гидромотора V_0 (см^3). Находим рабочий объем гидромотора V_0 (см^3):

$$V_0 = \frac{M_{кр} 2\pi}{p_{ном} \eta} = \frac{M_p 2\pi}{\eta_p p_{ном} \eta} = \frac{4,823 \cdot 2 \cdot \pi}{0,96 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 1,973 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 1,973 \text{ см}^3$$

Определим передаточное число $i_{ред.}$

$$i_{ред.} = \frac{n_m}{n_n} = \frac{1500}{300} = 5$$

Перепад давления на гидромоторе Δp_m (МПа).

$$\Delta p_m = \frac{2\pi M \eta_{ом}}{M_m \eta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4,823 \cdot 0,92}{5 \cdot 0,8} = 6,97 \cdot 10^6 \text{ Па} = 6,97 \text{ МПа}$$

Расчёт диаметров трубопроводов представлен в табл.1. Внутренние диаметры трубопроводов $d_{тр}$ (м) определяют

$$d_{тр} = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi v}}$$

Расчёт диаметров трубопроводов

Номер линии	Назначение линии	v , м/с	$Q \cdot 10^{-4}$, м ³ /с	Расчетный $d_{гр}$, м	Принятый d , мм	Длина L , м
1	Всасывающая	1,1	2,255	0,0162	20	0,05
2	Напорная	3	2,255	0,00978	10	0,25
3	Напорная	3	1,128	0,00692	8	0,05
4	Напорная/сливная	3	0,376	0,00399	6	0,20
5	Напорная/сливная	3	0,376			0,20
6	Напорная/сливная	3	0,376			0,20
7	Сливная	1,6	1,128	0,00947	10	0,05
8	Сливная	1,6	2,255	0,0134	15	0,30

Допустимая толщина стенок трубопровода в напорных линиях:

В линии 2:

$$\delta = \frac{\kappa p_{\max} d}{2\sigma_0} = \frac{3 \cdot 23 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 400 \cdot 10^6} = 0,000863 \text{ м} = 0,86 \text{ мм}$$

В линии 3:

$$\delta = \frac{\kappa p_{\max} d}{2\sigma_0} = \frac{3 \cdot 23 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 400 \cdot 10^6} = 0,000630 \text{ м} = 0,63 \text{ мм}$$

В линиях 4, 5, 6:

$$\delta = \frac{\kappa p_{\max} d}{2\sigma_0} = \frac{3 \cdot 23 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 400 \cdot 10^6} = 0,000473 \text{ м} = 0,47 \text{ мм}$$

Выбор гидроаппаратуры для направляющей и регулирующей подсистемы. При выборе гидроаппаратуры соблюдаются следующие условия: $p_{ГА(ном)} > p_{ном}$; $Q_{ГА(ном)} > Q_{ном}$.

Направляющая подсистема. По номинальному давлению $p_{ном} = 20$ (Мпа) и подаче $Q_{ном} = 16,9$ (л/мин) насоса выбираем гидрораспределитель 4/3 с двумя электромагнитами постоянного тока от компании «Rexroth». По номинальному давлению $p_{ном} = 20$ (Мпа) и подаче $Q_{ном} = 16,9$ (л/мин) насоса выбираем гидрораспределитель клапанного типа 2/2, прямого действия с электромагнитным управлением компании «Rexroth».

Регулирующая подсистема. Выбран предохранительный переливной клапан «Atos ARE-06» тарельчатого типа с резьбовым монтажом. Предохранительные клапаны настраиваются на давление: $p_{max} = (1,1 \dots 1,2) p_{ном}$. Принимаем $p_{max} = 1,1 p_{ном}$. Тогда $p_{max} = 1,1 \cdot 20 \cdot 10^6 = 22 \pm 10\%$ МПа.

Кондиционеры рабочей жидкости, гидроёмкости. Был выбран сливной фильтр «OMTF» с перепускным клапаном и резьбовым монтажом. Выбран гидробак серии А линейка «Полный комплект» объемом 10 л.

Расчёт потерь давления в гидросистеме. Результаты расчета представлены в табл.2. Суммарные потери давления $\Sigma \Delta p$ (Па) в гидросистеме определяются по следующей формуле:

$$\Sigma \Delta p = \Sigma \Delta p_{mp} + \Sigma \Delta p_M + \Sigma \Delta p_{ca}$$

Потери давления на трение Δp_m (Па) по длине для каждого расчетного участка определяется по формуле:

$$\Delta p_m = \lambda \frac{l v^2 \rho}{2 d_{mp}}$$

Для вычисления коэффициента гидравлического трения λ необходимо определить режим течения рабочей жидкости в зависимости от числа Рейнольдса:

$$R_e = \frac{v d_{mp}}{\nu}$$

Кинематическая вязкость ν ($\text{м}^2/\text{с}$) для гидравлического масла МГ-68-В при температуре $t = 50^\circ\text{C}$ составляет $55 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, плотность масла ρ не более $865 \text{ кг}/\text{м}^3$.

При ламинарном течении рабочей жидкости ($R_e < 2300$) коэффициент гидравлического трения равен:

$$\lambda = \frac{75}{R_e}$$

При турбулентном течении рабочей жидкости ($R_e > 2300$) для гладких труб:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{R_e}}$$

Суммарные потери давления на трение по длине трубопроводов:

$$\Sigma \Delta p_{mp} = 1,1224 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

В соответствии с таблицей 2 суммарные потери давления на трение по длине во всасывающей гидролинии $\Sigma \Delta p_{mp.вс.} = 245,3 \text{ Па}$, в нагнетающей гидролинии $\Sigma \Delta p_{mp.н.} = 1,068 \cdot 10^5 \text{ Па}$ в сливной гидролинии $\Sigma \Delta p_{mp.сл.} = 0,9444 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Потери давления на трение Δp_M (Па) в местных сопротивлениях трубопровода рассчитываются по формуле:

$$\Delta p_M = \xi_M \frac{\rho v^2}{2} m$$

Суммарные потери давления в местных сопротивлениях во всасывающей гидролинии $\Sigma \Delta p_{M.вс.} = 662,4 \text{ Па}$, в нагнетающей гидролинии $\Sigma \Delta p_{M.н.} = 6617 \text{ Па}$, в сливной гидролинии $\Sigma \Delta p_{M.сл.} = 2,067 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

Суммарные потери давления в гидросистеме, полученные как сумма потерь давления на трение, местные сопротивления и сопротивления гидроаппаратах:

$$\Sigma \Delta p = \Sigma \Delta p_{mp} + \Sigma \Delta p_M + \Sigma \Delta p_{ca} = \Sigma \Delta p_{M.сл.} = 1,189 \text{ МПа}$$

Суммарные потери давления в гидросистеме в процентах от номинального давления насоса:

$$\Sigma \Delta p = \frac{1,189 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} 100\% = 5,95\%$$

Так как потери давления в гидросистеме менее 6%, то спроектированную систему можно считать эффективной.

Проверочный расчёт гидропривода. Действительное давление p_d (МПа), развиваемое насосом для привода гидромотора, определяется с учетом потерь давления в нагнетающей и сливной гидролинии:

$$p_d = \frac{2\pi M}{V_0 \eta} + \sum \Delta p_{н.л.} + \sum \Delta p_{с.л.} = 19,89 \text{ МПа}$$

Действительное значение расхода рабочей жидкости Q_d ($\text{м}^3/\text{с}$) определяется с учетом утечек:

$$Q_d = Q_{д.н.} + \sum \Delta Q_{ут.} = Q_{д.н.} + Q_{д.н.}(1 - \eta_{ОН}) + Q_{д.з.}(1 - \eta_{ОГ})$$

Действительный расход Q_d ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q_d = Q_{д.н.} + \sum \Delta Q_{ут.} = Q_{д.н.} + Q_{д.н.}(1 - \eta_{ОН}) + 6Q_{д.з.}(1 - \eta_{ОГ}) = 16,42 \text{ л/мин}$$

Частота вращения вала гидромотора n_M (об/мин):

$$n_M = \frac{Q_d}{V_0} \eta_{ОГ} = \frac{0,0002736}{2,1 \cdot 10^{-6}} \cdot 0,92 = 119,9 \text{ об/с}$$

Расхождение между заданным и действительным давлениями.

$$P_p = \frac{p_3 - p_d}{p_3} \cdot 100\% = \frac{(20 - 19,89) \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 0,55\%$$

Расхождение между заданным и действительным расходами:

$$P_Q = \frac{Q_3 - Q_d}{Q_3} \cdot 100\% = \frac{16,9 - 16,42}{16,90} \cdot 100\% = 2,8\%$$

Определение коэффициента полезного действия (КПД) гидропривода.

$$\eta_{ГП} = \frac{N_{пол.}}{N_{ГП}} \cdot 100\%$$

Полезная мощность гидропривода, равная сумме выходных мощностей гидродвигателей (шесть одинаковых гидромоторов):

$$N_{пол.} = 6N_M = 6 \frac{Mn\pi}{30} = 6 \cdot \frac{5 \cdot 1500 \cdot \pi}{30} = 4712 \text{ Вт} = 4,7 \text{ кВт}$$

Полная мощность гидропривода, учитывающая действительные параметры, полученные при проверочном расчете:

$$N_{ГП} = \frac{Q_d p_d}{\eta_H} = \frac{16,42 \cdot 10^{-3} \cdot 19,89 \cdot 10^6}{60 \cdot 0,82} = 6638 \text{ Вт} = 6,6 \text{ кВт}$$

Тогда, КПД гидропривода равен:

$$\eta_{ГП} = \frac{N_{пол.}}{N_{ГП}} \cdot 100\% = \frac{4700}{6600} \cdot 100\% = 71\%$$

Тепловой расчет гидропривода.

$$E_{ГП} = \Delta N = N_{ГП} - N_{пол.} = 0,8 \text{ кВт}$$

Условие теплового режима в гидроприводе выполняется по следующей формуле:

$$\Delta T_{уст} \leq \Delta T_{дон} = T_{max} - T_{0max}$$

Максимальная температура рабочей жидкости $T_{max} = 333$ К.
Максимальная температура окружающей среды $T_{0max} = 323$ К.

Тогда,

$$\Delta T_{\text{дон}} = T_{\text{max}} - T_{0\text{max}} = 333 - 323 = 10\text{K}$$

Суммарная площадь поверхности теплообмена, обеспечивающая поддержание перепада температур $\Delta T_{\text{уст}} \leq \Delta T_{\text{дон}}$, рассчитывается по следующей формуле:

$$A \geq \frac{E_{\text{ГП}}}{K_{\sigma} K_{\text{тр}} \Delta T_{\text{дон}}}$$

Принимаем $K_{\sigma} = 14 \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $K_{\text{тр}} = 20 \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Тогда

$$A \geq \frac{E_{\text{ГП}}}{K_{\sigma} K_{\text{тр}} \Delta T_{\text{дон}}} = \frac{788}{14 \cdot 20 \cdot 10} = 0,2814 \text{м}^2$$

Суммарная площадь теплообмена A (м^2) складывается из суммарной площади поверхности бака A_{σ} и труб $A_{\text{тр}}$ (м^2).

Суммарная площадь поверхности бака:

$$\sum A_{\sigma} = ab + 2ah_1 + 2bh_1$$

Длина $a = 0,310$ м; ширина $b = 0,240$ м; $h_1 = 0,8 \cdot 0,215 = 0,172$ м.

Тогда:

$$A_{\sigma} = ab + 2ah_1 + 2bh_1 = 0,310 \cdot 0,240 + 2 \cdot 0,310 \cdot 0,172 + 2 \cdot 0,240 \cdot 0,172 = 0,2636 \text{м}^2.$$

Суммарная площадь поверхности труб:

$$\sum A_{\text{тр}} = \pi \sum_{i=1}^n d_i l_i = \pi d_{B1} l_1 + \pi d_{B2} l_2 + \pi d_{B3} l_3 + \pi d_{B4} l_4 + \pi d_{B5} l_5 + \pi d_{B6} l_6 + \pi d_{B7} l_7 + \pi d_{B8} l_8 = 0,08084 \text{м}^2$$

Суммарная площадь теплообмена:

$$A = A_{\sigma} + \sum A_{\text{тр}} = 0,2636 + 0,08084 = 0,3444 \text{м}^2$$

Суммарная площадь поверхности теплообмена больше $0,2814 \text{м}^2$ – условие теплового режима в гидроприводе выполняется. Однако, для поддержания перепада температур $\Delta T_{\text{уст}} \leq \Delta T_{\text{дон}}$ необходим обдув гидробака, трубопроводов, гидроаппаратуры, гидромашин, блоков электроники.

В каталогах производителей выбор вентилятора осуществляется по объемному расходу воздуха V ($\text{м}^3/\text{ч}$), который рассчитывается по следующей формуле:

$$V = \frac{f E_{\text{ГП}}}{\Delta T_{\text{дон}}} = 275,8 \text{м}^3 / \text{ч}$$

Выбран осевой вентилятор «Spal VA69A-B100-87S» производительностью $Q = 280 \text{м}^3/\text{ч}$ диаметром 115 мм и номинальным напряжением $U = 24$ В.

Создание электронной модели мобильной платформы. Для создания электронной модели изделия будет использована система автоматизированного проектирования – программа SolidWorks 2016.

Компоновка универсальной робототехнической платформы

Предлагается использовать шасси с колесной формулой 6х6 для универсальной робототехнической платформы. Корпус должен обеспечивать защиту от попадания пыли и от прямого попадания струи воды.

В корпусе, в соответствии с рис.1, установлено оборудование гидросистемы таким образом, чтобы сохранить как можно больше свободного пространства, обеспечить хорошую работу гидропривода, равномерно распределить энергию рабочей жидкости между шестью гидромоторами 6, каждый из которых приводит во вращение колеса 4, через редуктор 5. Источник механической энергии – электродвигатель с редуктором 3, приводит во вращение гидронасос 1 через соединительную муфту 2. Далее рабочая жидкость с определенным расходом и давлением поступает к распределителям 11 через трубопроводы 10. После этого гидравлическая энергия распределяется между гидромоторами 7 через трубопроводы 9. В гидродвигателях энергия потока рабочей жидкости преобразуется в механическую энергию, которая используется для создания крутящего момента на валу понижающего редуктора 6 и приведения во вращение колеса 5.

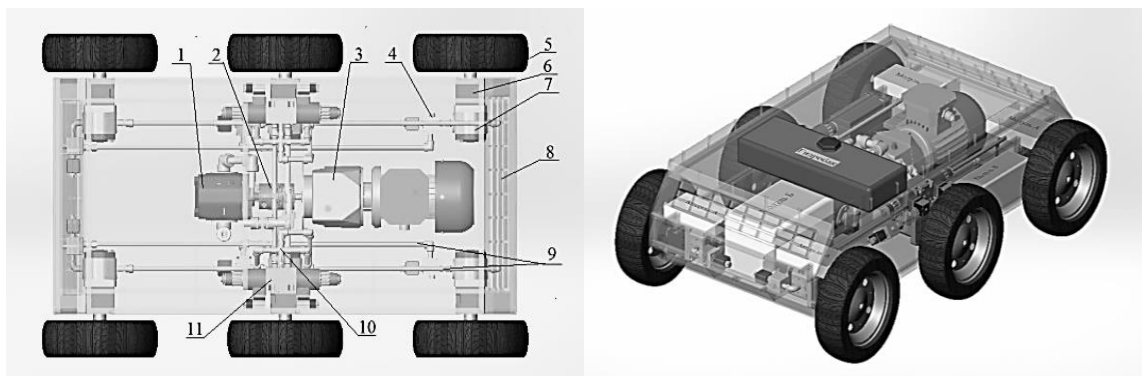


Рис.1.Компоновка универсальной робототехнической платформы
ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы была разработана гидростатическая трансмиссия для универсальной робототехнической платформы, а также создана электронная 3D модель изделия. При использовании гидростатической трансмиссии уменьшаются массогабаритные характеристики мобильной платформы с сохранением высокой эффективности работы.

Список литературы

1. Башта, Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов. М.: Машиностроение, 1982. 231 с.
2. Климов, Р.С. Тенденция развития наземных робототехнических систем военного назначения / И.П. Сидоров, А.В. Лопота, Б.А. Спасский // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. Т.3. №8. С.3-10.
3. Галдин Н.С. Гидравлические машины, объёмный гидропривод / Н.С. Галдин, В.Г. Хомченко, В.Н. Сорокин, В.С. Щербakov. Омск: СибАДИ, 2009. 272 с.

4. Гузненков, В. Н. SolidWorks 2016. Трехмерное моделирование деталей и выполнение электронных чертежей / В.Н. Гузненков, П.А. Журбенко, Т. П. Бондарева. М.: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2017.128 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

В.С. Юшков¹, И.Г. Овчинников², К.Г. Пугин³

*Московский педагогический государственный университет - Анапский филиал¹
Саратовский государственный технический университет
имени Ю.А. Гагарина²*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет^{2,3}
Пермский государственный аграрно-технологический университет имени
академика Д.Н. Прянишникова³*

Аннотация. Проблема безопасности дорожного движения является многоплановой и чрезвычайно сложной. Многообразие причин и условий совершения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) требует разработки и проведения целого ряда мероприятий по организации дорожного движения, улучшения дорожных условий, технического состояния транспортных средств. В данной статье рассматриваются технические средства, способствующие предотвращению ДТП на опасных участках автомобильных дорог. Представлена программа визуализации автоматического управления светофорами и предлагается устройство искусственной неровности в виде виброполосы на особо опасных участках автомагистралей.

Ключевые слова: автомобильная дорога, аварийность, безопасность дорожного движения, водитель, искусственная неровность, пешеход, технические средства, транспортные средства.

MODERN TECHNICAL MEANS FOR ENSURING ROAD SAFETY ON ROADS

V.S. Yushkov, I.G. Ovchinnikov, K.G. Pugin

*Moscow State Pedagogical University - Anapa branch¹
Saratov State Technical University named after Y.A. Gagarin²
The Perm national research polytechnical university^{2,3}*

*Perm State Agrarian-Technological University named after Academician D.N.
Pryanishnikov³*

Annotation. The problem of road safety is multifaceted and extremely complex. The variety of causes and conditions for the occurrence of road accidents requires the development and implementation of a number of measures for the organization of road traffic, improvement of road conditions, and the technical condition of vehicles. This article discusses the technical means to help prevent accidents on dangerous sections of roads. A program of visualization of automatic control of traffic lights is presented, and a device for artificial irregularities in the form of vibro-bands on particularly dangerous sections of the highway is proposed.

Keywords: road, accident rate, road safety, driver, artificial roughness, pedestrian, technical means, vehicles.

По подсчетам Всемирного банка, аварии на автомобильных дорогах во всем мире становятся причиной гибели 700 000 человек и более 10 миллионов случаев травматизма ежегодно. Улучшение состояния безопасности дорожного движения крайне необходимо для обеспечения устойчивого развития государства.

К основным факторам, определяющим высокий уровень аварийности в России, следует отнести:

1. несоблюдение требований правил дорожного движения (ПДД) участниками дорожного движения;
2. несоответствие качества водительского мастерства, что в свою очередь приводит к ошибкам в оценке дорожной обстановки; низкая дисциплина при управлении транспортным средством, невнимательность и небрежность водителей;
3. ДТП из-за неудовлетворительных дорожных условий;
4. недостаточное развитие оповещения соответствующих служб, что приводит к несвоевременному обнаружению ДТП и оказанию первой медицинской помощи пострадавшим.

При управлении транспортным средством водителю требуется воспринимать большое количество информации о характере и режиме движения всех его участников, о состоянии дорожного полотна и окружающей среды, средств регулирования, а также о состоянии узлов и агрегатов автомобиля. Следовательно, водитель не только воспринимает большой поток данной информации, но и осуществляет ее анализ, что требует значительных временных затрат. Однако, в реальных условиях движения транспортных средств, время является одним из самых важных факторов для предотвращения ДТП.

Дорожная составляющая организации и обеспечения безопасности движения включает в себя комплекс геометрических параметров плана, продольного и поперечного профилей дороги, их инженерного оборудования и обустройства, а также показателей эксплуатационного состояния и уровня содержания, исключающих вероятность возникновения ДТП по вине дорожных условий и снижающих тяжесть последствий ДТП по другим причинам.

Основой для разработки и применения технических средств по организации дорожного движения (ОДД) и обеспечения его безопасности является проведение анализа ДТП и изучение закономерностей движения в конкретных дорожных условиях. Безопасность движения на автомобильных дорогах существенно зависит от числа и вида перекрестков. Так, например, в США при строительстве автомагистралей полностью устранены пересечения в одном уровне, что привело к снижению аварийности в три раза [3,6].

К основным техническим средствам ОДД, позволяющих снизить аварийность на автомобильных дорогах, следует отнести: дорожную разметку, направляющие устройства, дорожные знаки и указатели, светофоры, а также искусственную неровность. Развитие информационных технологий позволило создать и новые устройства, направленные на обеспечение безопасности дорожного движения, такие как: видеофиксация, светофоры с обратным

отсчетом (рис.1), использование технологии виртуальная стена для водителей пренебрегающих запрещающему огню светофора (рис. 2), подсветки пешеходов (рис. 3) [1, 2, 5], а также широкое применение на автомагистралях искусственной неровности в виде виброполосы.



Рис.1. Светофор с обратным отсчетом



Рис. 2. Светофор «Виртуальная стена»



Рис.3. Разноцветная подсветка пешеходов на переходе

Для визуализации процесса автоматизации управления светофорами (АСУ) на перекрестке была разработана программа на языке QBasic. Разработанная программа наглядно демонстрирует возможности АСУ для снижения аварийности на перекрестках (рис. 4) [10]. Внедрение такой системы на перекрестках автомобильных дорог в крупных городах нашей страны позволит снизить количество и протяженность пробок, а соответственно и экономические затраты водителей.

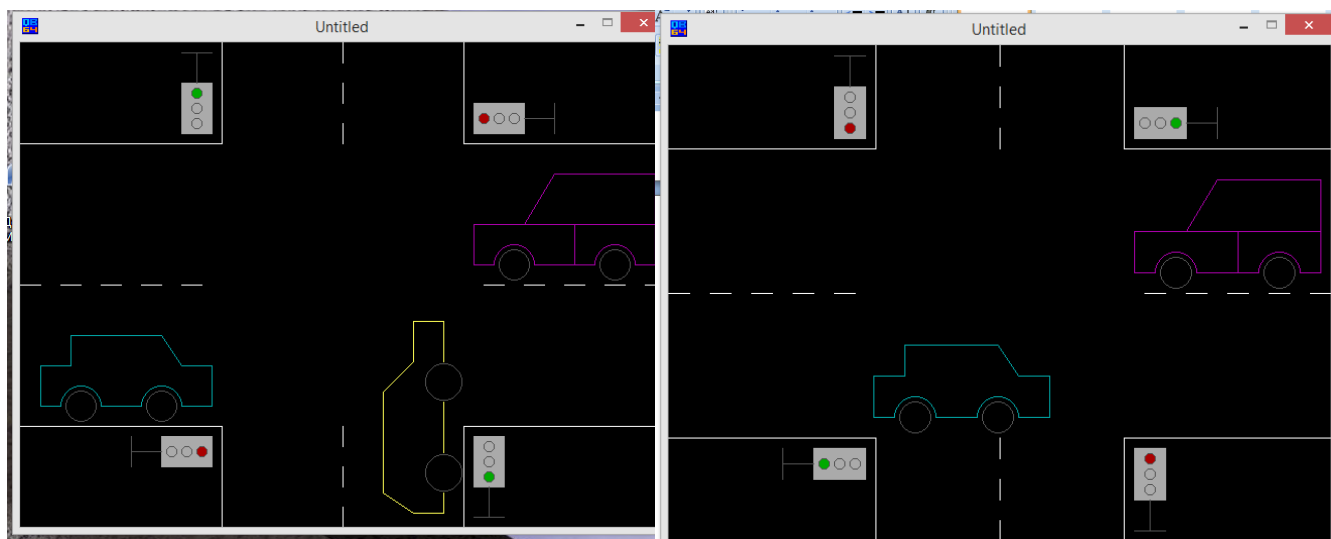


Рис. 4. Процесс визуализации движения транспортных средств на перекрестке с автоматизированным управлением светофоров

В связи с тем, что расстояние между городами в России достигают от 100 до 500 км, водители, особенно большегрузных транспортных средств, с целью минимизации времени доставки груза из пункта отправления в пункт назначения преодолевают данные расстояния зачастую без отдыха. При этом водитель испытывает перегрузки, вызывающие усталость, которая в свою очередь приводит к потере внимания и, соответственно, может привести в ДТП.

В качестве технического средства снижения аварийности на автомобильных дорогах авторами статьи предлагается использовать искусственную неровность в виде виброполосы. Данную полосу устанавливают в качестве разделительной полосы, тем самым предотвращается выезд автомобиля на полосу встречного движения или на край дороги, не допуская съезда транспортного средства с проезжей части [7, 8, 9]. Для визуализации данной полосы при плохих климатических условиях предлагается использовать цветной асфальтобетон [4].

Процесс организации дорожного движения является сферой общественных отношений и специфически отражает социальные интересы общества и государства. Таким образом, обеспечение безопасности дорожного движения рекомендуется рассматривать как комплекс организационно-правовых, инженерно-технических мероприятий с целью осуществления комфортного и скоростного движения всех его участников.

Список литературы

1. Головкин, В.Д., Назаров, С.В. Фотовидеофиксация: технические требования и реализация // Головкин В.Д., Назаров С.В./ Автомобильные дороги.- 2017 .- № 2 (1023).
2. Назаров, С.В., Севастьянов, А.В. О принципах формирования каталога технических средств обеспечения безопасности дорожного движения // Автотранспортное предприятие.- 2014. - № 9. С. 19-20.

3. Пугачев, И.Н., Горев, А.Э., Олещенко, Е.М. Организация и безопасность дорожного движения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений. М., 2009.
4. Пугин, К.Г., Юшков, В.С. Отходы металлургических предприятий для создания цветного асфальтобетона // Экология и промышленность России № 5. 2017. С. 4-7.
5. Севастьянов, А.В. Комплексы фотовидеофиксации – против нарушений ПДД./ Транспортная безопасность и технологии.- 2016.- № 4 (47).
6. Сараев, Е.И. Понятие и содержание организации дорожного движения // Общество и право. – 2013. - № 3 (45). С. 241-245.
7. Юшков, В.С., Овчинников, И.Г., Пугин, К.Г. Значение искусственных неровностей для обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, <https://t-s.today/PDF/07SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/07SATS118.
8. Юшков, В.С., Овчинников, И.Г. Обоснование геометрических параметров виброполосы устанавливаемой на автомобильных дорогах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, № 5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/33TVN517.pdf> (доступ свободный).
9. Юшков, В.С., Кычкин, В.И., Юшков, В.С. Воздействие виброполосы на человека – оператора при движении автомобиля // Журнал «Наука и техника в дорожной отрасли» № 1 Москва 2013 г. С 21-23.
10. Якушевский, М.С., Юшков, В.С., Якименко, С.А. Применение автоматизированных систем управления в жизнедеятельности человека // В сборнике: Развитие интеллектуального потенциала молодежи Кубани Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 20-летию Анапского филиала МПГУ. Сборник статей. 2018. С. 155-160.

МОДУЛЬ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РОТАЦИОННОГО ЩЕЛЕВАТЕЛЯ

В.Т. Яковлев, Ф.И. Салеев

Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова

Аннотация. Для защиты почвы от водной эрозии, особенно на пологих склонах, в нашей стране используется прием специальной обработки почвы, который получил название «щелевание». Для выполнения этого приема применяются щелеватели в основном с пассивными рабочими органами.

В статье описаны недостатки пассивных щелевателей и обоснована необходимость использования роторных щелевателей для борьбы с водной эрозией и для сохранения накопления весенней влаги приведена схема предлагаемого щелевателя. Обоснованы некоторые преимущества роторных щелевателей.

Ключевые слова: *специальные приемы обработки почвы, водная эрозия почв, щелеватель, нарезка щелей, щелеватель непрерывного действия, ротор, перемычка, модульная схема, агрегатирование, коэффициент, учитывающий количество сохраненной в щелях влаги.*

MODULE WORKING BODIES OF ROTARY DELEGATES

V.T. Yakovlev, F.I. Saleev

Polzunov Altai State Technical University

Summary. To protect the soil from water erosion, especially on the gentle slopes, in our country is used a special method of tillage, which was called "slotting". To perform this technique, slitters are used mainly with passive working bodies.

The article describes the disadvantages of passive slitters and justified the need to use rotary slitters to combat water erosion and to preserve the accumulation of spring moisture scheme of the proposed slitter. It justifies some of the advantages of the rotary salvatella.

Keywords: *special methods of soil treatment, water erosion, slitter, slit cutting, continuous slitter, rotor, jumper, modular scheme, aggregation, coefficient, taking into account the amount of moisture stored in the cracks.*

В условиях юга нашей страны и Западной Сибири урожайность сельскохозяйственных культур существенно зависит от количества влаги, накопленной в почве.

Для эффективного задержания влаги в почве и борьбы с водной эрозией применяют щелеватели. В этой связи совершенствование конструкции этих орудий с точки зрения сохранения влаги на полях, а также разработка методов проектирования и расчета этих орудий является актуальной задачей.

Значительная доля применяемых в сельском хозяйстве щелевателей приходится на орудия непрерывного действия [4]. Нарезка щелей такими щелевателями предполагает строго горизонтальное перемещение орудия по обрабатываемому полю. Выполнение этого требования возможно только при оборудовании агрегата устройством для автоматического вождения орудия поперек склонов. В производственных условиях щели на склонах имеют продольный уклон. Весно во время весеннего снеготаяния талые воды собираются щелью и протекают по ней. Скорость движения потока превышает 0,3 м/с, что порождает водную эрозию внутри щели. Для исключения стока влаги разработаны способы закладки, предусматривающие уплотнение щелей конусным катком и образование перемычек с определенным шагом вдоль них. Однако ни один из этих способов не позволяет надежно изолировать отдельные объемы воды, так как перемычки очень быстро разрушаются.

Одним из эффективных способом нарезания щелей является их прерывание с сохранением не разрушенной почвы между щелями [2,5,6,7].

В данной работе предлагается конструкция щелевателя, выполненного на основе модуля, см.рис.1. Активный рабочий орган орудия выполнен в виде ротора. Это позволяет нарезать прерывистые щели, более полно соответствующие агротехническим требованиям. Кроме того, модульное исполнение щелевателя, когда орудие выполнено состоящим из одной или из нескольких секций позволяет агрегатировать его с тракторами различных тяговых классов. Основу модуля представляет секция, включающая поводок 1, ось 2, стяжку 3. На оси 2 установлен ротор, выполненный в виде катушки 4, с жестко закрепленными на ней лопастями 5, на свободных концах которых

закреплены режущие элементы. Катушки ротора 4 выполнены с возможностью вращения вокруг оси 2.

Принцип работы модуля заключается в том, что пройдя путь равный дуге с углом $\alpha = 01$ (рис.2а), точка 0 займет положение 1, из которого за счет вращения ее вокруг оси барабана О, займет положение 1^1 , а проекция ее на ось Х будет 1^{11} . Отрезок 01^{11} представляет собой путь отставания (торможения) при движении по оси Х [1].

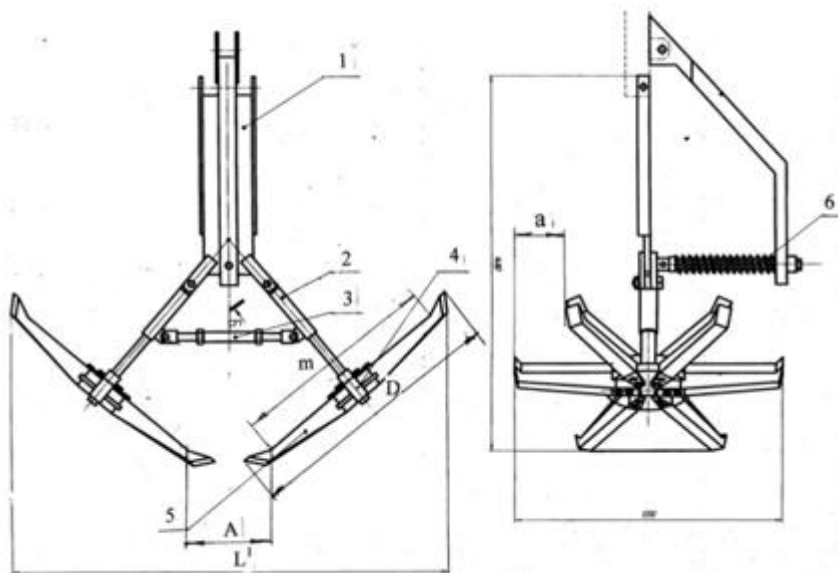


Рис.1. Общий вид секции модуля

Радиус ротора равен $\rho \cdot \cos \alpha$. При $\alpha = 0$ $\rho = r$, а скорость точки лезвия $V = \omega r$.

При достижении угла $\alpha = 90^\circ$ вращение рабочего органа прекращается и лопасть работает как лапа культиватора, а его скорость перемещения становится равной скорости движения трактора, т.е. $V_{тр} = \omega r$, м/с = 3,9 м/с.

Составим уравнения движения точек конца режущего элемента лопасти рабочего органа относительно осей XYZ, рисунок 2а.

Тогда, уравнения движения в параметрической форме будет иметь вид:

$$\begin{aligned} X &= r \sin \omega t - \frac{V}{\cos \alpha} \\ Y &= V t g \alpha \\ Z &= r(1 - \cos \omega t) \end{aligned} \quad (1)$$

Проекции абсолютной скорости на координатные оси:

$$\begin{aligned} V_x &= \omega r \left(\cos \alpha - \frac{1}{\cos \alpha} \right) \\ V_y &= \omega r t g \alpha \\ V_z &= \omega r \sin \alpha \end{aligned} \quad (2)$$

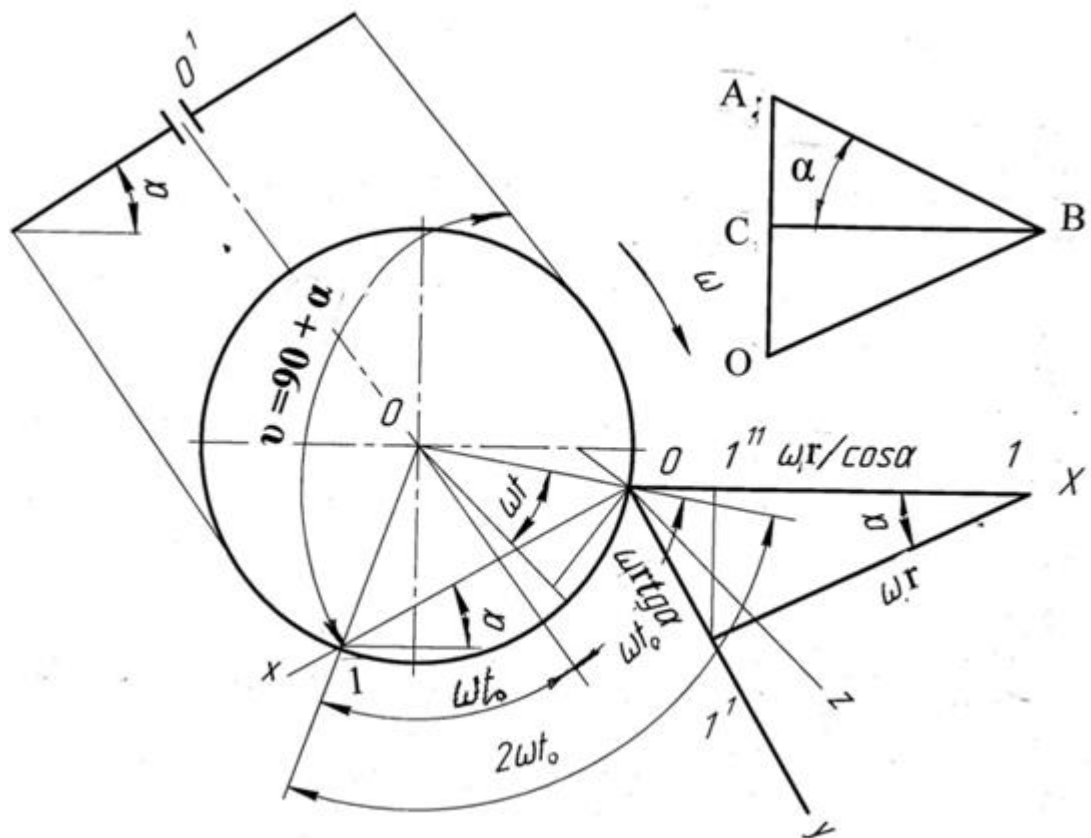


Рис.2.К обоснованию параметров рабочего органа щелереза, а;
к определению радиуса ρ , б

Тогда скорость точки лезвия ножа в координатах XYZ, будет равна:

$$V = \omega r t g^2 \alpha \sqrt{\cos^4 \alpha - 2 \cos^2 \alpha + 1 + \sin^2 \alpha + \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha} \quad (3)$$

При $\alpha = 0$ $\rho = r$, а скорость точки лезвия равна $V_0 = \omega r$. При достижении угла $\alpha = 90^\circ$ вращение рабочего органа прекращается [1,3] и лопасть работает как лапа культиватора, а его скорость перемещения становится равной скорости движения трактора, т.е. $V_{тр} = \omega r$, м/с = 3,9 м/с.

Тогда абсолютная скорость точки лезвия относительно осей XYZ проходящих через точку O будет равна:

$$V^1 = \omega r \left(1 + t g^2 \alpha \sqrt{\cos^4 \alpha - 2 \cos^2 \alpha + 1 + \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha} \right) \quad (4)$$

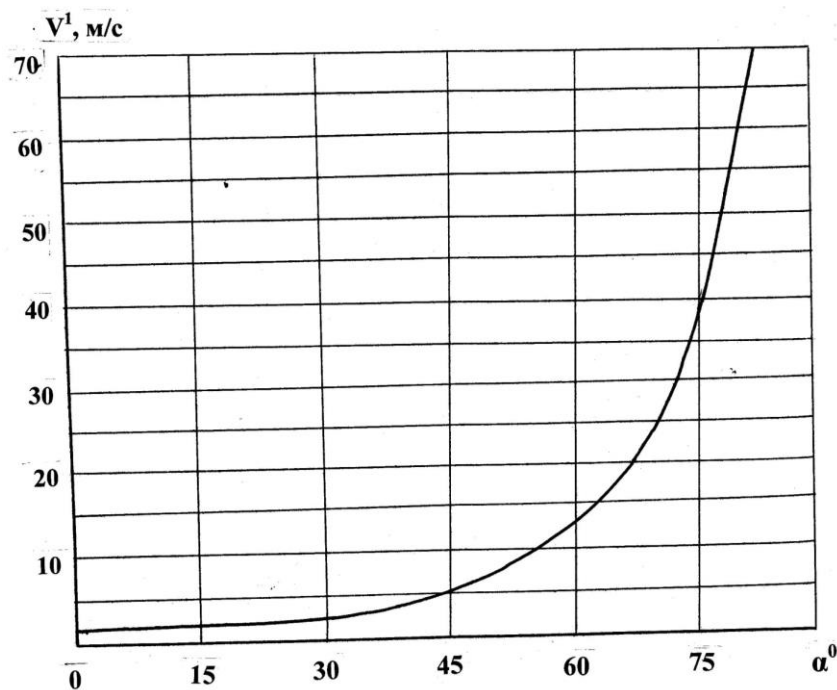
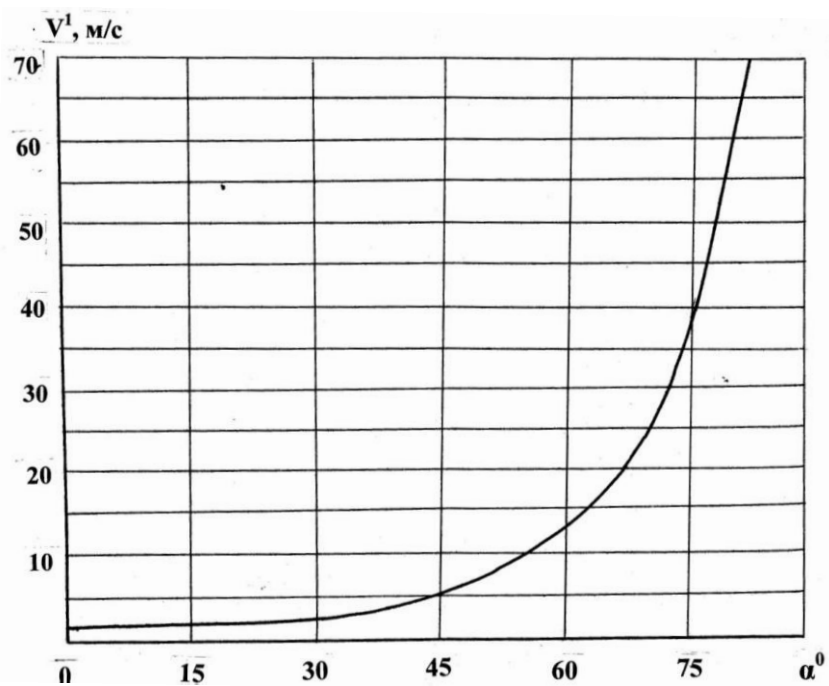


Рисунок 3 - График скоростей точки лопасти при различных углах постановки ротора к направлению движения трактора

По формуле (4) для значений углов α , равных 0, 15, 30, 45, 60, 90 градусов, были построены графики зависимости абсолютной скорости точки режущего элемента ротора от значений этих углов при скорости движения трактора 14 км/ч и пересчитанной в скорость в м/с. Результаты этой работы представлены на графике (см. рисунок 3).

Таким образом, абсолютная скорость точки лезвия ножа зависит от угла α и при его величине в 90° достигает ∞ , при этом вращение его прекращается и скорость точки становится равной скорости трактора 3,9 м/с.

Эффективность работы роторного щелевателя ε в сравнении с щелевателем непрерывного действия может быть оценена следующим отношением:

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_1} \quad (5)$$

где Q – количество запасенной влаги на участке, обработанном роторным щелевателем с прерыванием щели, $\text{м}^3/\text{га}$; Q_1 – количество запасенной влаги после обработки щелевателем непрерывного действия на $\text{м}^3/\text{га}$.

В общем случае количество запасенной в щелях влаги на участке определим по выражению:

$$Q = S b N c, \quad (6)$$

где $S \text{ м}^2$ – площадь сегмента щели, нарезаемой ротором щелевателя, м^2 ; b – ширина щели, м ; N – количество щелей, нарезаемых роторным щелевателем, шт; c – количество проходов щелереза при нарезании щелей на обрабатываемом участке в 1 га, шт.

Площадь сегмента щели S , нарезаемой ротором щелевателя, м^2 равна:

$$S = \frac{r^2}{2} \left(\pi \frac{\nu}{180} - \sin \nu \right) \quad (7)$$

где r – радиус ротора, м , (см. рисунок, 4), центральный угол ν (см. рисунок, 4).

Центральный угол ν определим из соотношения:

$$\nu = 2 \sin \alpha = 2 \frac{m}{r}, \quad (8)$$

Получим: $\nu = 2 \arcsin \frac{0,6354}{0,7} = 0,907$, и $\nu = 130^\circ$.

Подставляя численные значения $\alpha = 130^\circ$ и $m = 1.2122$, в выражение (7) получим:

$$S = 0,245 [3,14 * 130 / 180 - 0,8766] = 0,3 \text{ м}^2$$

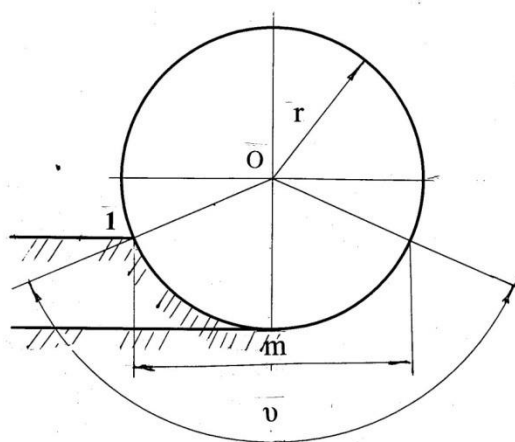


Рисунок 4 - К определению значения угла ν и длины хорды m

Шаг канавок щелей, нарезаемых роторным щелевателем, определяется по выражению:

$$t = \frac{\pi D}{z}, \quad (8)$$

где $D=1,4$ м – диаметр ротора, м; $z=6$ – количество режущих элементов ротора, $t=0,732$ м.

Количество канавок щелей, нарезаемых одним ротором модуля щелевателя на поле площадью в 1 га, определяется по формуле:

$$N=100/t=100/0,732=136,5$$

При количестве рабочих органов модуля равном 2, $N^1=136,5*2=273$

Ширину захвата одного прохода роторного щелевателя:

$$L = 2m \sin \alpha + 2A = 1,2122 + 1,6 = 2,8124 \text{ (м)}.$$

Тогда число проходов c щелереза при нарезании щелей на обрабатываемом участке в 1 га:

$$c = \frac{100}{L}; \quad c = 100/2,8124 = 35,5$$

Количество сохраненной влаги (см. выражение б) в щелях на участке поля, обработанном роторным щелевателем:

$$Q = 0,3 * 0,006 * 273 * 35,5 = 17,44 \text{ м}^3.$$

Ширина одного прохода щелевателя непрерывного действия составит

$$L^1 = \lambda + 3 * 0,8 = 10,4$$

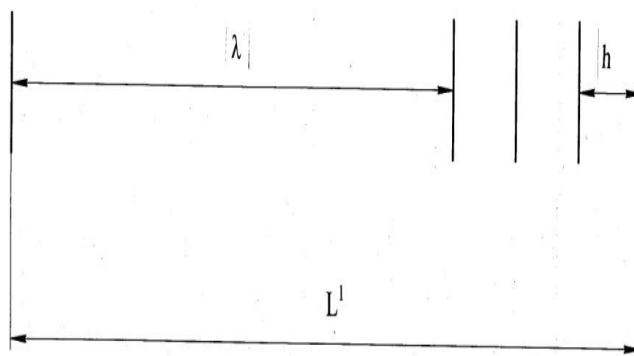


Рисунок 5 - К определению ширины захвата одного прохода щелевателя непрерывного действия

Число проходов c^1 щелевателя на поле непрерывного действия на поле в 1 га:

$$c^1 = 100/L^1;$$

$$L^1 = \lambda + 3 * 0,8; \quad c^1 = \frac{100}{L^1} = 100/10,4 = 9,6154.$$

Количество сохраненной в щелях влаги после обработки поля щелевателем непрерывного действия:

$$Q^1 = 100 b h c^1 = 0,006 * 0,35 * 9,6154 = 2,01923 \text{ м}^3,$$

$$\varepsilon = 17,44 / 2,01923 = 8,6369 \text{ (раза)}.$$

Таким образом, по расчеты показали, что поле, на котором щели нарезаны с прерыванием с помощью роторного щелевателя обладает запасом сохраненной в щелях влаги в 8,6369 раза выше, чем поле, обработанное щелевателем непрерывного действия.

Вследствие этого можно повышение урожайности на этом поле.

Список литературы

1. Семенов А.Н., Котельников В.Я., Орлов В.М [Текст]: Кинематический анализ работы ротационных рабочих органов с тормозными устройствами / А.Н. Семенов, В.Я. Котельников, В.М Орлов // Конструирование технологии производства сельскохозяйственных машин, выпуск 5. Киев: Техника. – С.7-11.

2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. [Текст]: Справочник по математике/ И.Н.Бронштейн, К.А. Семендяев // Государственное издательство технико-теоретической литературы. М.: 1956. – 608 с.

3. Рекомендации по переоборудованию плоскорезных орудий на плоскорезы – щелеватели. М.: ЦНТИ пропаганды и рекламы. 1988. - 26 с.

4. Яковлев В.Т. Основы проектирования и расчета ротационных почвообрабатывающих машин [Текст]: учебное пособие/ Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006, 105 с.

5. Устройство для щелевания почвы [Текст]: Пат. на изобретение №2313930 U1 Рос. Федерация: МПК А01В13/16 /Яковлев В.Т., Рубцов Д.Н.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования «Алтай. гос. технич. ун-т им. И.И. Ползунова».- №2006107348/12; заявл. 09.03.2006; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1.- 3 с: ил.

6. Почвообрабатывающий рабочий орган ротационного типа [Текст]: Пат. на изобретение №2391805 U1 Рос. Федерация: МПК А01В35/16 / Яковлев В.Т.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования «Алтай. гос. технич. ун-т им. И.И. Ползунова».- №2008152494/12; заявл. 29.12.2008; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 10. - 3 с: ил.

7. Салеев Ф.И., Яковлев В.Т., Пономарев М.А. Анализ конструкции приводов рабочих органов «штанга» культиваторов для сплошной поверхностной обработки почвы: [Текст] Аграрная наука в XXI веке: Проблемы и перспективы. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции / Под ред.Е.Б Дудниковой.- Саратов: ФГБОУ Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, ООО «ЦеСАин», 2018. – С.557 –561.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

К.А. Яковлев, А.А. Грянко

*ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова*

Аннотация. Проведен анализ современных систем технического обслуживания и ремонта лесовозных автомобилей. В ходе анализа рассмотрены недостатки и достоинства существующих систем технического обслуживания и ремонта лесовозных автомобилей. Выявлена оптимальная система технического обслуживания и ремонта для лесовозных автомобилей в настоящее время.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, ремонт, лесовозный автомобиль, система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания, техническое состояние, техническая диагностика, метод технического обслуживания.*

MODERN SYSTEM OF TECHNICAL MAINTENANCE AND REPAIR OF VEHICLES IN THE WORLD PRACTICE

K.A. Yakovlev, A.A., Granka

*FSBEI of HE Voronezh state forestry engineering University
named after G.F. Morozov*

Abstract. The analysis of modern systems of maintenance and repair of logging vehicles. In the course of the analysis the shortcomings and advantages of existing systems of maintenance and repair of logging vehicles are considered. The optimal system of technical maintenance and repair of the logging vehicles currently.

Keywords: *maintenance, repair, timber vehicle, system of preventive maintenance and repair, technical condition, technical diagnostics, method of maintenance.*

Для поддержания технического состояния автомобилей на необходимом уровне реализуются различные системы организации обслуживания и ремонта. Среди них наибольшее распространение в России получила система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания (ППР и ТО).

Система ППР и ТО – комплекс взаимообусловленных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения технического обслуживания и ремонта оборудования. Система ППР и ТО устанавливает виды, организацию и порядок проведения технического обслуживания, плановых ремонтов, основные нормативно-технические документы, ремонтные нормативы.

В классическом виде система ППР и ТО включает четыре вида технического обслуживания (ежедневное, первое, второе и сезонное) и два вида ремонта (текущий и капитальный). Для каждого конкретного случая характерен свой перечень проводимых мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р), установленный Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.

Достоинства системы ППР и ТО заключаются в возможности планирования технического обслуживания, определения мощности ремонтной базы (численности обслуживающего персонала, оборудования, площади производственных помещений и т.д.); регламентирование времени простоя автомобиля в ремонте; прогнозирование затрат на ремонт агрегатов, узлов и механизмов [1].

Недостатки системы ППР и ТО связаны со значительным разнообразием условий эксплуатации лесовозных автомобилей, которые учитываются корректирующими коэффициентами с достаточно высокой погрешностью. Нормативы периодичности технического обслуживания, в настоящее время, определяют заводы-изготовители техники и для разных типов подвижного состава они различны.

Система гарантийных технических обслуживаний и ремонтов (СГТО и Р), широко распространённая в настоящее время для новой техники, представляет новый вид системы ТО и Р. Она заключается в выполнении плановых технических обслуживаний и ремонтов на специализированных (фирменных) предприятиях с гарантией безотказной работы узлов и механизмов.

Основные достоинства фирменного обслуживания: высокое качество, за счет использования специализированного оборудования и высококвалифицированного персонала; качественные расходные материалы и запасные части; замена неисправного компонента на исправный при наступлении гарантийного случая.

К недостаткам этой системы следует отнести:

1) любая гарантия имеет срок действия - период времени, в течение которого производитель обязуется выполнять тот или иной перечень работ по устранению возможных неполадок. Как правило, срок гарантии кратен 1 году и составляет от 1 до 5 лет;

2) гарантия изготовителя ограничена только дефектами производственного характера и не распространяется на расходные материалы и детали подверженные естественному (нормальному) износу.

Основная идея обслуживания по фактическому техническому состоянию (ОФТС) состоит в устранении отказов оборудования путем применения методов распознавания технического состояния оборудования по совокупности его виброакустических характеристик, выявления имеющихся или развивающихся дефектов и определения оптимальных сроков проведения ремонтных работ. Техническая база ОФТС основана на том, что существует взаимосвязь между возможными техническими неисправностями агрегата и диагностическими параметрами, которые можно контролировать. Другими словами, большинство распознаваемых дефектов, которые могут возникать в агрегате, имеют определенные диагностические признаки и параметры, предупреждающие о том, что дефекты присутствуют, развиваются и могут привести к отказу. Диагностические признаки дефектов могут включать параметры вибрации, технологические и режимные параметры (температуру, нагрузку, давление, влажность и др.), частицы износа в смазке и т. д.

Обслуживание по фактическому техническому состоянию имеет ряд преимуществ по сравнению с ППР и ТО:

1) наличие постоянной информации о состоянии агрегатов, охваченных мониторингом (вибродиагностика позволяет определять «проблемное» и «нормальное» оборудование), позволяет планировать и выполнять техническое обслуживание и ремонт без остановки производства и практически исключить отказы (внеплановые остановки) оборудования;

2) посредством внедрения ОФТС можно добиться снизить простои техники от 2 до 10 %;

3) прогнозирование и планирование объемов технического обслуживания и ремонта «проблемного» оборудования; снижение расходов по техническому обслуживанию за счет минимизации ненужного ремонта (увеличение межремонтного интервала) "нормального" оборудования;

4) в результате проведения мониторинга технического состояния агрегатов и их обслуживания по фактическому состоянию внеплановый объем работ, вызванный чрезвычайными ситуациями, обычно составляет менее 5% от общего объема работ.

Недостатки, а вернее, условия реализации, этой системы связаны с необходимостью тщательного и дорогостоящего контроля технического состояния всех изделий при каждом ТО с целью разделения изделий на изделия, требующие немедленного доведения до нормативного состояния, и те, которые без отказа могут проработать до очередного ТО [2].

Основа всех систем организации - техническое обслуживание и ремонт. Цель технического обслуживания и ремонта - предупреждение отказов путем устранения неисправностей. В зависимости от учета состояния оборудования существуют два направления ТО и Р: по наработке и по уровню технического состояния.

При техническом обслуживании и ремонте по наработке, для каждой детали или группы деталей задается строго фиксированная наработка на отказ, по достижении которой они обязательно подлежат техническому обслуживанию или заменяются на новые вне зависимости от их состояния. Это направление целесообразно применять для деталей, работающих в установившемся режиме и имеющих незначительный разброс сроков службы (коэффициент вариации распределения меньше единицы). Следовательно, периодичность операций ТО и Р в данном случае целиком и полностью определяется значением наработки машин с начала эксплуатации. Объем технического обслуживания или ремонта устанавливается в момент начала их выполнения на основании дефектации. Недостаток стратегии ТО и Р по наработке - значительное недоиспользование ресурса деталей и сборочных единиц и, как следствие, большой расход запасных частей и существенный простой автомобилей в плановом ремонте. Цель стратегии по наработке - заранее восстановить ресурс машины [4].

При стратегии технического обслуживания и ремонта по уровню технического состоянию объем работ и периодичность ТО и Р определяется только фактическим состоянием оборудования на момент его выполнения.

Техническое состояние определяется по результатам контрольного осмотра, периодичность которого может быть фиксированной или изменяющейся в зависимости от результатов прогнозирования параметров технического состояния машин. Цель стратегии ТО и Р по уровню технического состояния - восстановить работоспособное состояние машины. Достоинство стратегии - более полное использование ресурса деталей и сборочных единиц, а отсюда меньшие частоты ремонтных воздействий, простои в ремонтах, расход запасных частей и, в конечном итоге, себестоимость ремонта.

В странах дальнего зарубежья в настоящее время внедряются новые системы ТО и Р: EnterpriseAssetManagement (EAM), Maintenance, RepairandOverhaul (MRO), ComputerizedMaintenanceManagementSystem (CMMS). Рассмотрим эти системы более подробно.

Система EAM – это систематическая и скоординированная деятельность предприятий технического сервиса, нацеленная на оптимальное управление физическими активами и режимами их работы, рисками и расходами на протяжении всего жизненного цикла для достижения и выполнения их стратегических планов. Ее применение позволяет сократить затраты на техобслуживание, ремонт и материально-техническое снабжение. Не снижая уровня надежности, альтернативой такого закона EAM является повышение производственных параметров оборудования без увеличения затрат. EAM системы позволяют согласованно управлять такими процессами, как: ТО и Р; материально-техническое снабжением; управление складскими запасами; управление финансами и т.д. [5].

В процессе анализа существующих потребностей технических служб выявляются потребности, которые не удовлетворяются общими возможностями модуля ERP-системы. Более того, российские и зарубежные эксперты в области управления промышленными активами разделяют это мнение, считая, что существующие модули управления процессами ТО и Р в рамках ERP-систем не способны всецело решить возможные задачи. Отсутствие стремления со стороны разработчиков ERP-систем решить проблемы технических специалистов в полной мере, стало причиной выделения отдельного класса ПО в данной области и создания узкоспециализированного технического решения.

MRO-система (англ. Maintenance, RepairandOverhaul) – это система управления технического обслуживания и ремонта транспортных средств с учетом возможного участия в них производителя (поставщика) техники. Основными задачами MRO-систем являются: – решение и информационное обеспечения задач сервисного обслуживания техники; – управление сроками службы и процессом списания; – оптимизация структуры и численности парка; – поддержка территориально распределенной инфраструктуры ТО и ремонта. Эти системы позволяют хранить полную конфигурацию каждой единицы обслуживаемой техники в парке, полную историю модификаций, поломок и ремонтов, историю замены деталей, и эксплуатационные данные (например, сведения о наработке). Современные MRO-системы могут интегрироваться с бортовыми информационными системами, автоматически получая с них сведения о возникших во время технологического процесса неисправностях [6].

Основные экономические результаты, получаемые от внедрения MRO-систем, дают возможность: повысить производительность работ по ТО и Р; коэффициент готовности; сократить складские запасы; аварийные работы; сверхурочные работы; время ожидания запчастей; срочные закупки ТМЦ и находить более выгодные цены на закупаемые ТМЦ; уменьшить случаи нехватки запасов; увеличить долю плановых ремонтов.

CMMS – это комплекс программного обеспечения, включающий базу данных оборудования специализированного предприятия, модули планирования проведения технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта, оформления заявок на проведение ремонта, модули складского учета и заявок на покупку материалов, финансового учета [7].

Развитые системы CMMS обычно поддерживают строгую иерархическую систему пользователей, когда каждый из работников компании имеет доступ только к тем модулям, которые непосредственно необходимы в работе. Система автоматически обрабатывает заявки на запасные части, расходные материалы или оборудование, которое должно быть заменено или использовано согласно графикам обслуживания, резервирует их на складе либо выдает сигнал на необходимость их закупки. При этом постоянно ведется подстройка минимально-максимального уровня наличия на складе оборудования и материалов, который бы позволил грамотно распределить оборотные средства.

Список литературы

1. Яковлев, К. А. Повышение эффективности технической эксплуатации лесотранспортных машин [Текст]: дис. ... д-р. техн. наук: 05.21.05: защищена 14.06.13 / К. А. Яковлев. – Воронеж, 2013. 389 с.

2. Яковлев К.А. Системная организация и управление эффективным использованием лесных ресурсов региона и лесотранспортных машин в процессе эксплуатации / К.А. Яковлев, О.И. Поливаев // Регион: системы, экономика, управление. 2015. № 2 (29). С. 228-238.

3. Скрыпников, А.В. Повышение надежности технического состояния парка подвижного состава, специализирующегося на перевозке лесных грузов [Текст]: монография / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, К.А. Яковлев ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Москва: «Флинта», 2012. 152 с.

4. Квагинидзе, В.С. Диагностика, техническое обслуживание и ремонт карьерного горно-транспортного оборудования в условиях низких температур [Текст]: дис. ... д-р. техн. наук: 05.05.06: защищена 25.09.03 / В.С. Квагинидзе. – Кемерово, 2003. 311 с.

5. EAM-системы. – 2017. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/EAM>.

6. MRO-системы. – 2017. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/MRO>.

7. CMMS-системы. – 2017. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/CCMS>.

О РЕЗУЛЬТАТАХ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ Г. РУБЦОВСКА

Г.Ю. Ястребов, Н.А. Чернецкая, Н.А. Ларина, С.С. Волобуев

Рубцовский индустриальный институт (филиал)

*федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования*

*«Алтайский государственный технический университет имени
И.И. Ползунова»*

Аннотация. Рассмотрены вопросы обследования маршрутов пассажирской внутригородской транспортной сети города Рубцовска в прямом и обратном направлениях на предмет изучения пассажирообмена маршрутов, и автоматизированной обработки результатов статистического обследования перевозок пассажиров на городском общественном транспорте.

Ключевые слова: *статистическое обследование; пассажирская транспортная сеть; пассажирообмен; автоматизированная обработка; данные; программа.*

THE RESULTS OF SURVEYS ON PASSENGER TRANSPORT NETWORK IN THE CITY OF RUBTSOVSK

G.Y. Yastrebov, N.A. Chernetskaya, N.A. Larina, S.S. Volobuev

Rubtsovsk industrial Institute (branch)

Federal state budget educational institution of higher education

«The Altai state technical University named after I.I. Polzunov»

Abstract. The questions of survey of routes of the passenger intracity transport network of the city of Rubtsovsk in the forward and return directions for studying of passenger exchange of routes, and the automated processing of results of statistical inspection of transportations of passengers on city public transport are considered.

Keywords: *statistical survey; passenger transport network; passenger exchange; automated processing; data; program.*

Актуальность темы. Развитие транспортной системы с улучшением показателей качества перевозок пассажиров возможно лишь при наличии четкой, оперативной и стратегической картины происходящего на определенном участке движения в определенный период времени. Повышение эффективности и качества перевозок пассажиров является одной из важнейших комплексных проблем на пассажирском автомобильном транспорте г. Рубцовска. Положением об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным маршрутам на территории муниципального образования город Рубцовск Алтайского края» обозначены мероприятия, направленные на развитие регулярных перевозок, среди которых важное место отведено сбору сведений о пассажиропотоке [1].

Объект исследования - транспортная сеть внутригородских пассажирских перевозок.

Предмет исследования – транспортное обслуживание населения.

Цель работы – получение объективной информации о функционировании транспортной системы города Рубцовска путем статистического обследования транспортной сети внутригородских пассажирских перевозок.

Для достижения указанной цели одной из многих важных **задач** является обследование пассажирообмена маршрутов транспортной сети города Рубцовска в прямом и обратном направлениях.

Объективная информация о функционировании транспортной системы города Рубцовска получена путем обработки результатов статистического обследования перевозок пассажиров на городском общественном транспорте.

Данное **обследование пассажирской транспортной сети** проводилось в 2018 году по инициативе Администрации города. Рубцовский индустриальный институт выступил в качестве исполнителя процесса. Методика обследования была разработана на кафедре «Наземные транспортные системы». Автоматизированная обработка полученных результатов наблюдений выполнена кафедрой «Прикладная математика».

Обследование проведено в соответствии с Методологическими рекомендациями Минтранса России [2] в период максимальной загруженности транспортной сети – в марте месяце. В этот период года наибольшее число горожан пользуется общественным транспортом по причинам зимней консервации личного автомобильного транспорта; повышения среднесуточных температур по сравнению с зимними месяцами; подготовки к весенне-летнему сезону и др.

Календарный период обследования - с 05 марта 2018 г. по 31 марта 2018 г. Дни недели для проведения обследования: вторник, четверг, суббота. Промежутки времени суток для проведения обследования: 7.00 – 9.00 ч.; 12.00 – 14.00 ч.; 16.00 – 19.00 ч. Всего обследовано 35 остановочных пунктов из 125 существующих в транспортной сети города на 15-и городских автобусных маршрутах: 1Г, 7, 12, 13, 14, 30, 3, 6к, 10, 4, 5, 5к, 6, 9, 24 и 2-х троллейбусных маршрутах: 1 и 2 [3]. Данные остановочные пункты являются наиболее востребованными и проблемными. Список остановочных пунктов согласован с Администрацией города Рубцовска.

Показатели, дающие информацию о функционировании транспортной системы города Рубцовска, определены посредством проведения натурного и статистического обследования. Обследование проводилось в рамках практических занятий студентами дневного отделения направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». В качестве учетчиков они провели обследования пассажирской транспортной сети г. Рубцовска на остановочных пунктах. В ходе обследования учетчики выполняли следующие действия:

- регистрировали число входящих и выходящих пассажиров на остановочном пункте (посту обследования) в заданном направлении для каждого прибывающего маршрутного транспортного средства (в целом) с фиксированием их времени прибытия и вида такого маршрутного транспортного средства

- регистрировали наполнения салона маршрутных транспортных средств «на просвет» в соответствии с формой для визуальной регистрации «на просвет» [2].

Автоматизированная первичная обработка и оценка данных обследования пассажирских перевозок, полученных визуальным (натурным) методом обследования, проведена на основании Методологических рекомендациях Госкомстата России [4]. Автоматизированную обработку массива данных (электронных таблиц) выполнили студенты направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника». [5] Для этого использовано оборудование, указанное в таблице 1.

Таблица 1

Аппаратное обеспечение

Процессор (минимум)	Intel ® Pentium ® 233 МГц
Оперативная память	64 Мб оперативной памяти (рекомендуется 128 Мб)
Место на диске для установки	2 Мб для установки программы, 1 Мб для базы данных, 20 Мб - для возможности базы данных.
Принтер	Для работы программы подключение принтера не обязательно, но при наличии принтера возможна печать документа с информацией о путёвке

Необходимое программное обеспечение, позволяющее обрабатывать данные, для основного и серверного ПК:

- операционная система: Windows 7/XP;
- Microsoft office: Word, Access, Excel ;
- среда разработки DelphiXE2;
- язык программирования Object Pascal;
- библиотека компонентов Visual Components Library (VCL).

В операционной системе Windows, для запуска программы необходимо открыть папку, в которой находится файл Pass.exe. Программа вызывается путем запуска файла Pass.exe с помощью двойного щелчка левой кнопкой мыши по значку. Файл TPass.mdb, необходимый для работы программы, находится в том же каталоге, где и сама программа.

Программа предоставляет пользователю следующие функции:

- заполнение и ведение таблиц базы данных;
- формирование запросов:
 - по направлению;
 - по номеру маршрута;
 - по наименованию остановочного пункта;
- автоматический расчёт пассажирообмена маршрута;
- формирование, вывод на экран и печать документов в виде отчетов и графиков.

Отчет формируется как таблица. Графики сформированы в виде эпюр пассажирообмена. Примеры результатов работы программы показаны в таблице 2 и на рис. 1.

Таблица 2

КАДР
пассажирообмена на маршруте №1 в прямом направлении
на 05.03 – 31.03.2018 г.

№ п/п	Наименование остановки	Кол-во входящих, пасс. (чел.)	Кол-во выходящих, пасс. (чел.)	Пассажирообмен, пасс. (чел.)
1	Сбербанк	138	129	267
2	Вокзал	84	89	173
3	Музей	282	163	445
4	Рубцовский	282	198	480
5	Аптека	246	115	361
6	РМЗ	3	279	282
7	Смоленская	315	675	990
8	Алтайская	319	672	991
9	Светлова	472	464	936
			Итого	4925

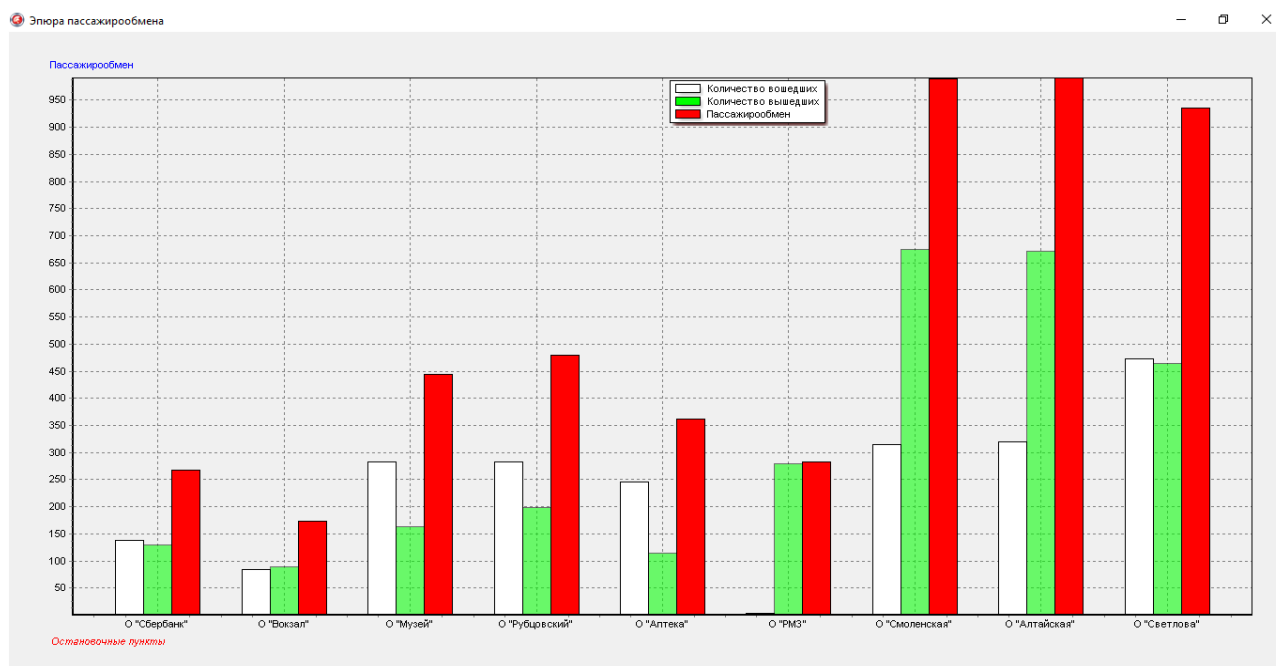


Рис. 1. Эпюра пассажирообмена на маршруте №1 в прямом направлении на 05.03 – 31.03.2018 г.

Статистическая оценка данных, полученных визуальным (натурным) методом обследования, и показателей пассажирообмена приведена в таблице 3.

СПРАВКА
о статистической оценке показателя «Пассажиروобмен, пасс.»
на 05.03 – 31.03.2018 г.

Наименование показателя	Значение показателя
Среднее	116.14
Стандартная ошибка	11.44
Медиана	67
Стандартное отклонение	174.62
Дисперсия выборки	30490.38
Экссесс	16.92
Асимметричность	3.59
Интервал	1335
Минимум	0
Максимум	1335
Сумма	27061
Счет	233
Уровень надежности(95.0%)	22.54

Получены следующие **результаты**.

1. Создана база данных обследования пассажирских перевозок пассажиров на городском общественном транспорте в городе Рубцовске в марте 2018 г.
2. Проведена первичная обработка и статистическая оценка данных обследования пассажирских перевозок;
3. На основании полученных данных рассчитаны показатели пассажирообмена маршрутов транспортной сети города Рубцовска в прямом и обратном направлениях.

Список литературы

1. Постановление Администрации города Рубцовска Алтайского края от 19.07.2018 № 1911 «Об утверждении Положения об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным маршрутам на территории муниципального образования город Рубцовск Алтайского края».
2. Примерная программа регулярных транспортных и транспортно-социологических обследований функционирования транспортной инфраструктуры поселений, городских округов в Российской Федерации, утвержденная Распоряжением Минтранса России от 28 декабря 2016 г. № НА-197-Р.
3. Войнаш А.С., Войнаш С.А., Чернецкая Н.А Опыт реконструкции транспортной сети города с осе-ориентированной застройкой // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / отв. ред. Н. С. Захаров. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С.64 – 68.
4. Методологические рекомендации по проведению обследования по определению степени использования общественного транспорта различными категориями граждан (транспортной подвижности граждан) Госкомстата,

утвержденными 19 декабря 2001 г. (письмо Госкомстата России № ОР-09-23/692 от 14 февраля 2002 г.).

5. Волобуев С.С. О проведении обследования пассажирской транспортной сети г. Рубцовска и автоматической обработке результатов наблюдений // Проблемы социального и научно–технического развития в современном мире: Материалы XX Всероссийской научно–технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) 26–27 апреля 2018 г. / Рубцовский индустриальный институт. — Рубцовск, 2018. — С.112 – 115 То же [Электронный ресурс]. - URL: https://www.rubinst.ru/system/files/static/vuz/doc/nauka/sbornik_konferenciya_students_2018_2.pdf.

Научное издание

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ:
ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
22-23 ноября 2018 г.

ЧАСТЬ 1

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано в печать 13.06.19. Формат 60x84 /16.
Усл. печ. л. 76,50. Тираж 500 экз. Заказ 181687. Рег. №30.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.