



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

Н.В. Гейко

ИЗУЧЕНИЕ ТЕОДОЛИТА

Методические указания для студентов 1-го курса дневного
и заочного обучения по направлению «Строительство»

Рубцовск 2014

УДК 528

Гейко Н.В. Изучение теодолита: Методические указания для студентов 1-го курса дневного и заочного обучения по направлению «Строительство» / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 23 с.

Методические указания соответствуют Государственному стандарту. СТО РИИ АлтГТУ 15.62. 1/3. 0691-2011, разработанному кафедрой «Строительство и механика» на основании ФГОС ВПО.

Рассмотрены и одобрены
на заседании кафедры
«Строительство и
механика» РИИ.
Протокол №4 от 26.04.14.

Рецензент:
директор МУП «Градостроительный кадастр» г. Рубцовск В.И. Исаев

© Рубцовский индустриальный институт, 2014

ВВЕДЕНИЕ

При составлении карт, планов и профилей на местности измеряют горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения между точками. При выносе запроектированных сооружений на местность и при строительстве необходимо построить на местности заданные горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения. Углы можно построить и измерить с помощью теодолита. Кроме этого, теодолитом можно измерять расстояния, используя нитяной дальномер, и превышения, если на трубе теодолита установить цилиндрический уровень. Но главное назначение теодолита – измерение и построение на местности горизонтальных и вертикальных углов. Строителям необходимо знать устройство теодолита и иметь навыки работы с ним. Поэтому в указаниях приведены сведения об устройстве теодолита, его поверках и юстировках, методике измерения горизонтальных и вертикальных углов.

1. УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА

Теодолит – угломерный прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов. Теодолиты различают по типу (конструкции) и точности измерений.

Согласно ГОСТ 10529-96. Теодолиты. Общие технические условия, теодолиты подразделяются по точности в соответствии с погрешностью измерения угла одним приемом. Шифр теодолита содержит заглавную букву Т и цифры, соответствующие величине погрешности измерения угла. Например, шифр теодолита с погрешностью измерения угла 5" записывается как Т5. В соответствии с ГОСТ различают теодолиты: высокоточные – Т1; точные – Т2 и Т5; технической точности – Т15 и Т30. Наиболее широко в топографических съемках применяют технические теодолиты, обеспечивающие точность измерения углов с погрешностями более 10".

Теодолиты изготавливают в маркшейдерском исполнении (для строительства подземных сооружений). Тогда в их обозначении добавляется буква М – Т15М, Т30М. Эти теодолиты приспособлены для работы в шахтах и тоннелях. Имеют электрическую подсветку микроскопа во взрывобезопасном исполнении.

По конструкции теодолиты подразделяют на оптические, электронные и лазерные (электронный теодолит со встроенным лазером). Они различаются между собой главным образом системой отсчета по лимбу. Наиболее часто применяют оптические теодолиты со стеклянными лимбами и шкаловыми микроскопами.

Некоторыми конструктивными особенностями обладают теодолиты, предназначенные для маркшейдерских и астрономических работ. В частности, гироскопические теодолиты, в конструкцию которых включен гироскоп, выполняющий роль гирокомпаса – механического указателя направления истинного (географического) меридиана, что необходимо для определения азимута ориентируемого направления при прокладке тоннелей.

Марки наиболее распространенных технических теодолитов: Т15, Т30, 2Т30, 2Т30П, 3Т30, Т30П. В этих обозначениях: цифра перед буквой – номер модели, Т – теодолит, 15, 30 или другие числа – средняя квадратическая погрешность измерения угла в секундах. Более поздние серии теодолитов имеют некоторые конструктивные особенности. Буква «П» означает, что труба прибора дает прямое изображение. Теодолитами серии 4Т можно производить нивелирование с помощью уровня, устанавливаемого на зрительной трубе. Вращением специального винта может выполняться перестановка лимба.

Современные теодолиты выпускают с *компенсаторами*, которые заменяют уровень при вертикальном круге. В обозначении марки добавляют букву К – Т5К, Т15К.

Если оптика обеспечивает прямое изображение, то к обозначению добавляют букву П : Т15КП.

При производстве усовершенствованных конструкций к марке базовой модели добавляют соответствующую цифру – 2Т5К, 2Т30, 2Т30П, 4Т30П.

Конструктивно теодолиты 4Т30 и 2Т30 мало отличаются. Поэтому, изучив устройство базовой модели, можно работать и с другими теодолитами. В строительстве, изыскательских работах чаще всего применяют теодолиты типа 4Т30П (рис. 1).

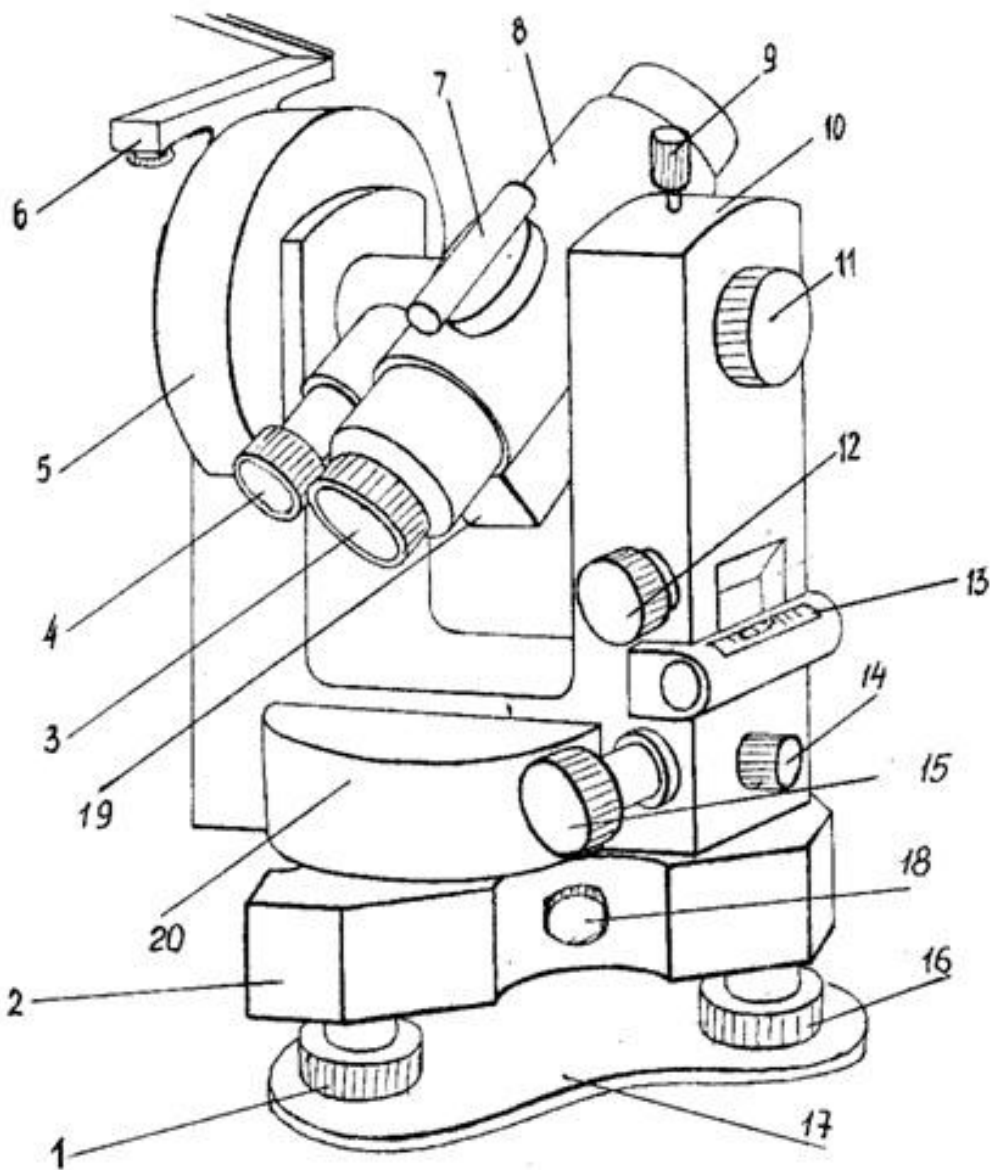


Рис. 1. Теодолит 4Т30П

Основные части теодолита: горизонтальный 20 и вертикальный 5 круги имеют градусные деления, находятся под кожухом, по ним измеряются углы. Зрительная труба 8 вращается вокруг горизонтальной оси, укрепленной на колонках 10 алидады горизонтального круга. Подставка 2 с тремя подъемными винтами 1, 16, при помощи которых ось вращения теодолита приводится в отвесное положение.

Вертикальную ось прибора устанавливают в отвесное положение по цилиндрическому уровню 13 с помощью подъемных винтов 1, 16. Уровень имеет юстировочные винты (показаны на рис. 7).

На зрительной трубе установлены два оптических визира 7, прикрепленных к трубе с обеих сторон. Они служат для грубого наведения «на глаз» трубы на предмет. Визир состоит из линзы и сетки. Сетка представляет собой светлый крест на черном фоне. Линза используется в качестве лупы. При этом глаз наблюдателя должен быть на расстоянии 25-30 см от него. Наблюдатель видит светлое перекрестие, выходящее за пределы оптического визира, и одновременно пространство, в котором находится точка наведения.

Вертикальный круг теодолита жестко скреплен со зрительной трубой. Корпус зрительной трубы может переводиться через зенит окуляром и объективом. Труба может поворачиваться на 180° вокруг горизонтальной оси через зенит. Поэтому вертикальный круг (ВК) может располагаться справа или слева от окуляра. Положение, при котором ВК справа от наблюдателя, называется *круг «право» КП*, если слева – *круг «лево» КЛ*. На рис. 1 – КЛ. *Поворот трубы на 180° называется «переведением трубы через зенит».*

Процесс наведения зрительной трубы на точку наблюдения называют *визированием*. В момент совмещения перекрестия сетки нитей с какой-либо точкой визирная ось трубы проходит через эту точку, а вертикальная плоскость, проходящая через визирную ось, называется *коллимационной плоскостью зрительной трубы*.

Перед наведением трубы на предмет окуляр должен быть установлен по глазу, в соответствии со зрением наблюдателя. Изображение предмета при этом совмещают с плоскостью сетки нитей. В современных геодезических инструментах применяют различные системы сеток нитей. На рис. 2 показана сетка нитей теодолита 4Т30. Две вертикальные нити сетки называются *биссектором*. Два горизонтальных коротких штриха сетки выше и ниже перекрестия горизонтальной и вертикальной нитей представляют собой *нитяной дальномер*.

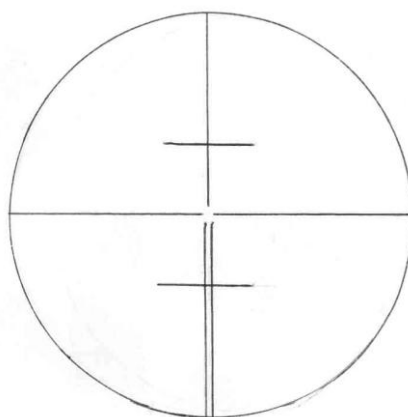


Рис. 2. Сетка нитей теодолита

Для установки окуляра трубу наводят на светлый фон и вращением кольца окуляра 3 добиваются четкого изображения нитей сетки.

Совмещение изображения предмета с плоскостью сетки нитей, т.е. *фокусирование* трубы, производят вращением кремальеры 11. Добиваются

резкого изображения предмета. Если изображение предмета не совпадает с плоскостью сетки нитей, то при перемещении глаза относительно окуляра точка пересечения нитей сетки будет проектироваться на разные точки изображения. Такое явление называется *параллаксом*. Параллакс устраняется небольшим поворотом кремальеры. Рядом с окуляром зрительной трубы находится окуляр 4 отсчетного микроскопа.

Для закрепления вращающихся частей теодолита имеются закрепительные винты: закрепительный винт лимба 18, закрепительный винт алидады 14 и закрепительный винт зрительной трубы 9. Точное наведение трубы на цель в горизонтальной плоскости выполняют наводящим винтом 15 после закрепления алидады винтом 14. При этом цель должна находиться точно в биссекторе. В вертикальной плоскости трубу наводят на цель наводящим винтом 12 после закрепления винта 9. Все наводящие винты работают только при зажатом соответствующем закрепительном винте. Для плавного поворота теодолита вместе с горизонтальным кругом (лимбом) необходимо вращать наводящий винт лимба на подставке, при этом закрепительный винт лимба 18 должен быть зажат.

Горизонтальный и вертикальный круги разделены через 1° . Горизонтальный круг (лимб) имеет круговую оцифровку от 0° до 359° ; а вертикальный – секторную от 0° до 75° и от -0° до -75° .

Отсчеты по шкалам вертикального и горизонтального кругов, проходя через систему преломляющих призм, сводятся в микроскоп 4.

Для освещения поля зрения микроскопа в колонке имеется отверстие с зеркалом (на рис. 1 не показано), перемещением которого добиваются наилучшего освещения штрихов лимба. Четкость изображения штрихов получают вращением диоптрийного кольца окуляра микроскопа. Увеличение зрительной трубы $20\times$, поле зрения трубы около 2° , наименьшее расстояние визирования 1,2 м.

В теодолите 4Т30 применяют шкаловое устройство, при этом шкала микроскопа накладывается на один из штрихов деления лимба, по которому выполняется отсчет. В поле зрения микроскопа видны одновременно два изображения: вертикального (В) и горизонтального лимбов (Г) (рис. 3).

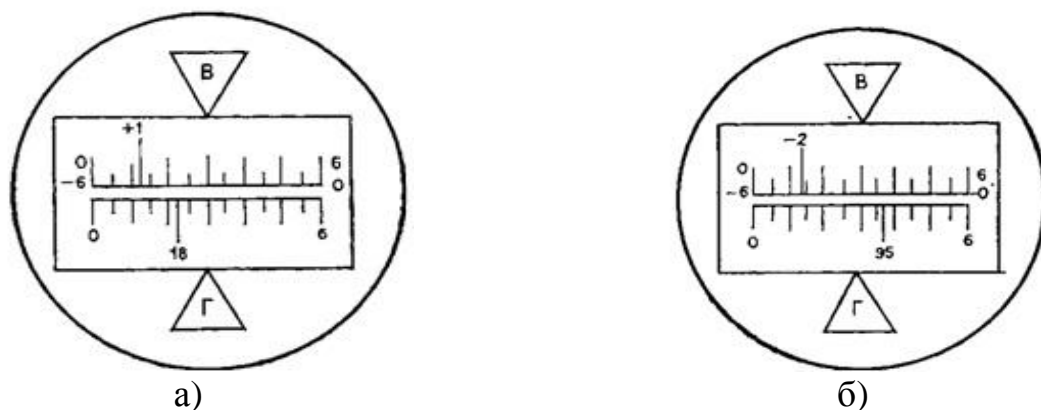


Рис. 3. Поля зрения отсчетных микроскопов 4Т30

В поле зрения микроскопа видны более мелкие деления шкалы – минуты. Отсчет определяют по вертикальному штриху лимба на отсчетной шкале.

Количество градусов соответствует надписи штриха лимба, который проектируется на шкалу. Количество минут определяется как дуга от нулевого деления шкалы до градусного штриха лимба. При этом нужно определить цену деления шкалы, то есть расстояние в минутах между соседними штрихами. В данном примере она равна 5 минутам. На рис. 3, *а* отсчет по горизонтальному кругу $18^{\circ} 22,0'$, на рис. 3, *б* $95^{\circ} 37,0'$. Если штрих не совпадает с целым делением, то десятые доли самого мелкого деления определяют «на глаз». В данном случае это будут минуты. Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр: по верхнему ряду – со знаком плюс; по нижнему – со знаком минус. Оцифровку подписей по верхнему ряду берут тогда, когда в пределах шкалы находится штрих лимба со знаком плюс, а по нижнему ряду – когда штрих имеет знак минус. Следует учесть, что подписи верхней шкалы возрастают слева направо, нижней – справа налево. На рис. 3, *а* отсчет по вертикальному кругу равен $+1^{\circ} 12,0'$, а на рис. 3, *б* отсчет равен $-2^{\circ} 46,0'$.

Теодолиты укомплектовываются принадлежностями, расширяющими область их применения. К ним относятся: штатив, ориентир-буссоль, окулярные насадки.

Штатив (рис. 4) служит для установки теодолита над точкой местности – вершиной измеряемого угла. Раздвижные ножки 3 штатива шарнирно соединены с головкой 1, на которую становым винтом 2 крепится теодолит.

На заостренных наконечниках 4 ножек есть упоры 6, с помощью которых ножки вдавливают в грунт для придания устойчивости штативу. Ограничитель 7 и зажимной блок 8 регулируют работу ножек. Для переноски теодолита закреплен ремень 5. На одной из ножек имеется пенал для нитяного отвеса и гаечного ключа.

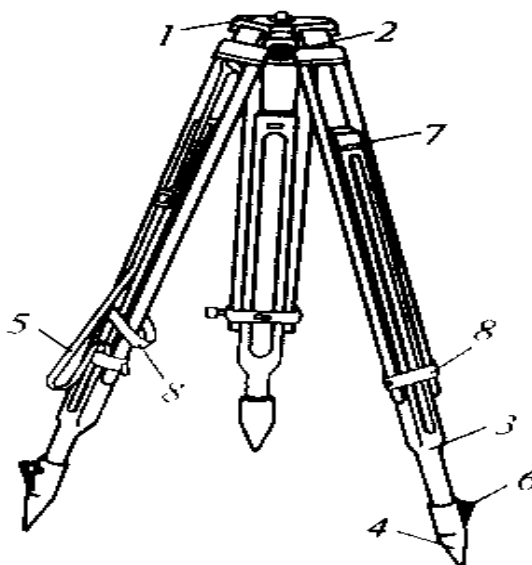


Рис. 4. Штатив типа ШП

Ориентир – буссоль (рис. 5) служит для измерения магнитных азимутов. Она устанавливается на кронштейн, расположенный на боковой крышке теодолита 6 (рис. 1) таким образом, чтобы линия, проходящая через индексы, была параллельна визирной оси трубы. Положение магнитной стрелки 24 наблюдают в зеркале 23, которому придают нужный наклон. Перед работой стрелку буссоли, находящуюся постоянно в закрепленном положении, опускают (разарретируют) для свободного вращения в горизонтальной плоскости. Северный конец стрелки окрашен в синий цвет.

Окулярные насадки применяются для удобства наблюдения предметов, расположенных под углом более 45° к горизонту. Надеваются на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа. Окулярная насадка представляет собой призмы 19, 20, изменяющие направление визирной оси на 90° . Призма заключена в оправу, свободно вращающуюся в обойме 21. Насадка на зрительную трубу снабжена откидным светофильтром для визирования на Солнце.

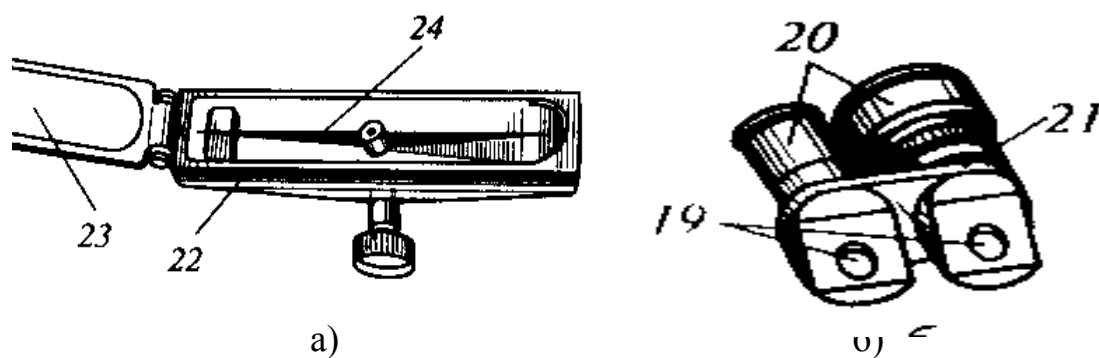


Рис. 5. Принадлежности теодолита:
а – ориентир-буссоль; *б* – окулярные насадки на зрительную трубу и отсчетный микроскоп

Трубу теодолита можно при необходимости располагать горизонтально. Для этого на трубу устанавливают уровень: трубу перемещают примерно горизонтально, снимают визир, а на его место закрепляют уровень.

Футляр предназначен для хранения и переноски прибора в процессе эксплуатации. Теодолит и принадлежности укладывают в футляр в соответствующие гнезда. Следует запомнить расположение теодолита в футляре. Перед его укладкой необходимо установить наводящие винты в среднее положение, зрительную трубу – горизонтально. Закрепить все вращающиеся части теодолита, завинтить до ограничения подъемные винты, окуляры зрительной трубы, отсчетного микроскопа.

Теодолит является дорогостоящим прибором, требует умелого и бережного с ним обращения. Поэтому до начала работы необходимо изучить техпаспорт. Следует помнить, что все оптические, винтовые части после небрежного к ним отношения и поломки в основном не восстанавливаются.

2. ПРОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА

До начала работы с теодолитом внешним осмотром проверяют его устойчивость на штативе, плавность хода подъемных и наводящих винтов, прочность фиксации вращающихся частей закрепительными винтами. Если теодолит получен с завода, после ремонта, то до ввода его в эксплуатацию выполняют поверки. Выяснение в полевых условиях сохранности взаимного расположения частей теодолита называется *поверками*. Исправление взаимного расположения деталей прибора для восстановления геометрической схемы называется *юстировкой*, выполняется исправительными винтами.

По устройству и назначению теодолит должен удовлетворять следующим требованиям:

- вертикальная ось должна быть отвесной;
- плоскость горизонтального лимба должна быть горизонтальной;
- визирная (коллимационная) плоскость должна быть вертикальной.

Основные геометрические оси теодолита и их взаимное положение представлены на рис. 6, а:

- VV – вертикальная ось вращения прибора;
- UU – ось уровня;
- НН – ось вращения трубы;
- РР – визирная ось трубы;
- АА – вертикальная нить сетки нитей.

Для установки теодолита в рабочее положение у него должны выполняться определенные геометрические условия. Они формулируются как условия поверок следующим образом.

1. Ось UU цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси VV вращения прибора (рис. 6, б).

2. Визирная ось РР трубы должна быть перпендикулярна оси НН вращения трубы (рис. 6, в).

3. Ось НН вращения трубы должна быть перпендикулярна оси VV вращения прибора (рис. 6, г).

4. Вертикальная нить АА сетки зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси НН ее вращения (рис. 6, д).

Выполнение геометрических условий необходимо для правильного измерения горизонтальных и вертикальных углов. Но в процессе работы или транспортировки прибора расположение осей может быть нарушено. Поэтому возникает необходимость выполнения поверок и юстировок.

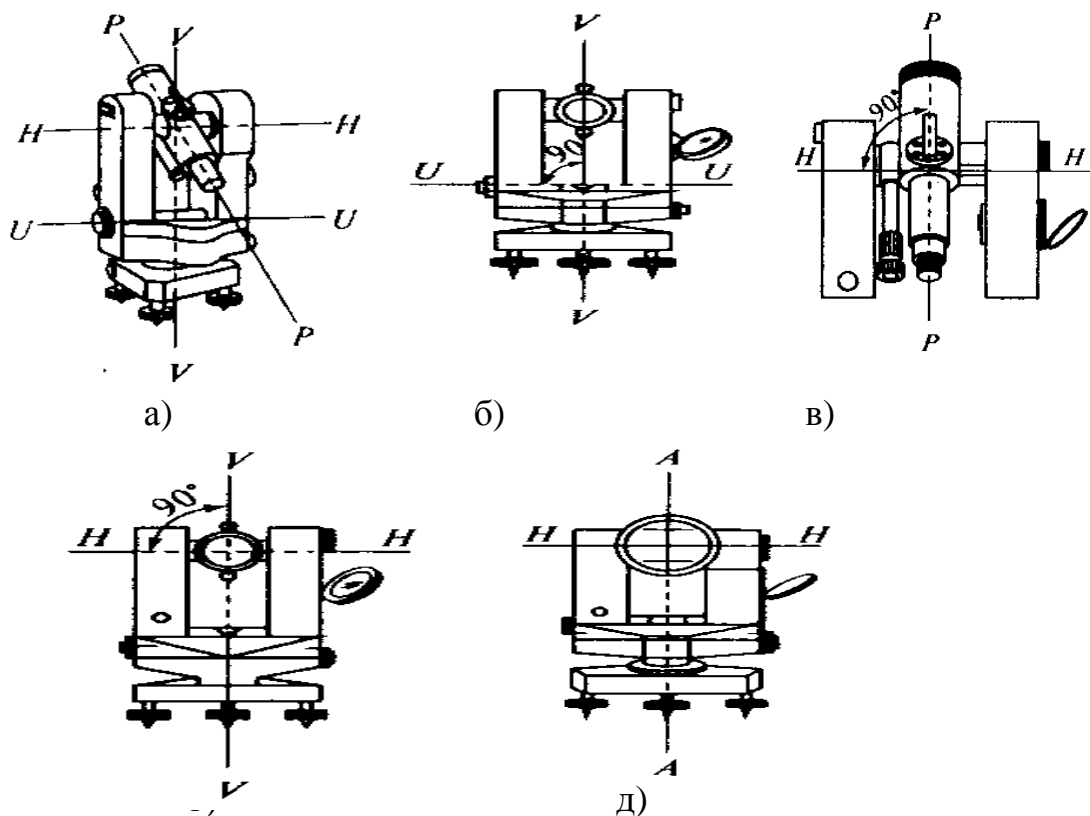


Рис. 6. Схемы геометрических осей теодолита

2.1. Проверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита ($UU \perp VV$).

Теодолит установить на штатив, закрепляют станovým винтом. Повернуть алидаду так, чтобы ось уровня расположилась параллельно двум подъемным винтам. Вращением этих винтов в противоположных направлениях вывести пузырек уровня в нуль-пункт. Повернуть алидаду на 90° и третьим подъемным винтом установить пузырек уровня на середину. Затем повернуть алидаду на 180° и оценить смещение пузырька от среднего положения. Если отклонение больше одного деления, выполнить юстировку.

2.2. Юстировка уровня при алидаде горизонтального круга

Юстировочными винтами уровня 1 (рис. 7) переместить пузырек к нуль-пункту на половину отклонения. Винты вращать с помощью шпильки. Вторую половину отклонения устранить подъемными винтами подставки. Затем проверку повторить.

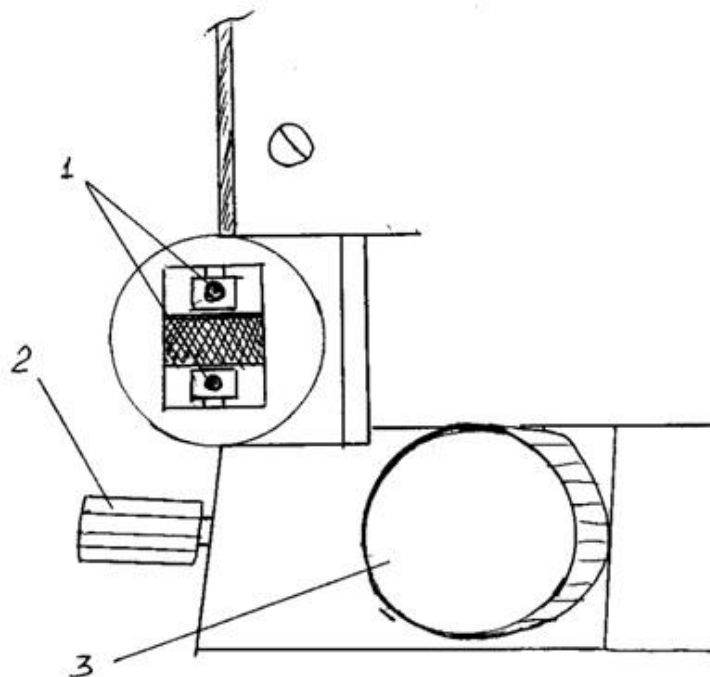


Рис. 7. Юстировочные винты теодолита:
 1 – юстировочные винты уровня; 2 – закрепительный винт алидады;
 3 – рукоятка перевода лимба

2.3. Проверка визирной оси трубы

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы ($PP \perp HH$).

Угол отклонения визирной оси трубы от перпендикуляра к горизонтальной оси прибора называется *коллимационной погрешностью C трубы*.

Вертикальную ось теодолита привести в отвесное положение с помощью уровня. При положении теодолита КЛ выбрать визирную цель на расстоянии не менее чем 50 м, направление на которую горизонтально (примерно на высоте теодолита), и снять показание L_1 по горизонтальному кругу. Затем перевести трубу через зенит, повторить наведение при положении теодолита КП и снять показание P_1 .

Затянуть закрепительный винт алидады, освободить закрепительный винт подставки, повернуть теодолит на 180° и закрепить его в подставке.

Навести зрительную трубу на ту же цель при двух положениях трубы теодолита и снять показания L_2 и P_2 .

Вычислить коллимационную погрешность по формуле:

$$C = \frac{\overbrace{P_1 - P_1 \pm 180^\circ} + \overbrace{P_2 - P_2 \pm 180^\circ}}{4} \quad (1)$$

Повторить определение C и вычислить ее среднее арифметическое значение.

Если это значение превышает двойную точность отсчетного устройства прибора (для теодолита 4Т30 составляет $1'$), выполнить юстировку и затем повторить поверку.

2.4. Юстировка коллимационной погрешности

Снять колпачок, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей.

Вычислить исправленный отсчет по горизонтальному кругу, свободный от влияния коллимационной погрешности, по одной из формул

$$L_{\text{испр}} = L - C \quad \text{или} \quad P_{\text{испр}} = P + C. \quad (2)$$

Установить этот отсчет наводящим винтом алидады (15). При этом перекрестие сетки нитей сместится с наблюдаемой точки на угол C .

Ослабить шпилькой верхний и нижний исправительные винты сетки и вращением боковых винтов переместить сетку до совмещения ее перекрестия с изображением наблюдаемой точки. Закрепить сетку, закрыть колпачок.

Эта поверка повторяется несколько раз, до тех пор, пока коллимационная погрешность не будет превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита.

2.5. Поверка сетки нитей зрительной трубы

Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна оси вращения прибора ($HH \perp VV$).

Теодолит устанавливают на расстоянии 10..15 м от стены здания. Вертикальную ось вращения приводят в отвесное положение. Центр сетки нитей наводят на точку, высоко расположенную на стене здания, и закрепляют горизонтальный круг. Трубу плавно опускают до горизонтального положения, на стене карандашом отмечают проекцию точки. Переводят трубу через зенит, открепляют алидаду и снова наводят на ту же точку. Аналогично отмечают ее проекцию. Если проекции точки совпадают, условие считается выполненным. В противном случае ось вращения трубы не будет перпендикулярна основной оси инструмента.

Условия этой поверки гарантируются заводом-изготовителем. При нарушении условий прибор направляют в мастерскую.

2.6. Поверка 2 сетки нитей

Вертикальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси ее вращения ($AA \perp HH$).

Вертикальную ось вращения приводят в отвесное положение. На расстоянии 8...10 м от теодолита закрепляют отвес. Наводят трубу на отвес. Если вертикальная нить сетки совпадает с нитью отвеса, то теодолит исправен; если отклонилась от отвеса – неисправен.

2.7. Юстировка сетки нитей

Снимают с окулярного колена трубы колпачок, ослабляют исправительные винты сетки, поворачивают диафрагму так, чтобы вертикальная нить сетки совместилась с нитью отвеса.

После выполнения этой поверки повторно делают вторую поверку.

3. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

После выполнения поверок и юстировок приступают к измерению горизонтальных углов.

При измерении углов должны соблюдаться геометрические условия, вытекающие из принципиальной схемы измерения горизонтального угла. Они заключаются в следующем:

- центр горизонтального круга должен находиться на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла;
- плоскость лимбы должна быть горизонтальной.

Работу по измерению углов на станции выполняют в следующем порядке:

- установка теодолита в рабочее положение – центрирование инструмента, приведение вертикальной оси в отвесное положение (нивелирование инструмента), установка трубы для визирования;
- измерение горизонтальных углов (направлений);
- обработка журнала наблюдений и контроль измерений на станции.

На местности вершины углов отмечают забитыми в землю колышками.

Устанавливают штатив над вершиной измеряемого угла так, чтобы плоскость его головки расположилась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя. Центрирование производят с помощью нитяного или оптического отвеса. Нитяной отвес, находящийся на крючке станкового винта, совмещают с точкой. Закрепляют теодолит на штативе станковым винтом и подъемными винтами подставки устанавливают уровень в среднее положение. Ножки штатива вдавливают в грунт для обеспечения устойчивости прибора. Затем ослабляют становой винт и перемещают теодолит по головке штатива, добиваясь точного центрирования отвеса над серединой колышка. Точность центрирования составляет 0,1...1,0 см.

При работе в лаборатории штатив устанавливают на полу в специальных деревянных подставках, ограничивающих расхождение ножек штатива (операция центрирования не выполняется).

Нивелирование прибора выполняется следующим образом. Открепляют закрепительный винт алидады и поворачивают прибор так, чтобы ось цилиндрического уровня была расположена параллельно двум подъемным винтам и, вращая их в противоположные стороны, выводят пузырек уровня на середину. Затем поворачивают алидаду на 90° (по направлению третьего винта) и вращением третьего винта снова выводят пузырек на середину. Затем проверяют положение пузырька по двум винтам. Проверяют центрирование.

Сетку нитей трубы устанавливают в соответствии со зрением наблюдателя («по глазу»). Для этого трубу наводят на светлый фон и, вращая окулярное кольцо, в поле зрения трубы добиваются четкого изображения сетки нитей.

Глядя поверх трубы, совмещают крест визира с визирной целью (визирная цель должна появиться в поле зрения трубы). Фиксируют направление, зажимая закрепительные винты алидады и трубы. Вращением кремальеры добиваются резкого изображения визирной цели. Наводящими винтами алидады и трубы совмещают центр сетки с изображением цели.

3.1. Способ приемов

Для измерения горизонтальных углов применяют способ приемов при измерении одного угла и способ круговых приемов при измерении на станции углов между тремя и более направлениями. Способ приемов состоит в измерении справа по ходу лежащего угла (рис. 8). Для исключения ошибки от эксцентриситета алидады и наклона оси вращения зрительной трубы измерения выполняют при двух положениях вертикального круга – при круге «лево» (КЛ) и круге «право» (КП). Вычисляют среднее значение угла.

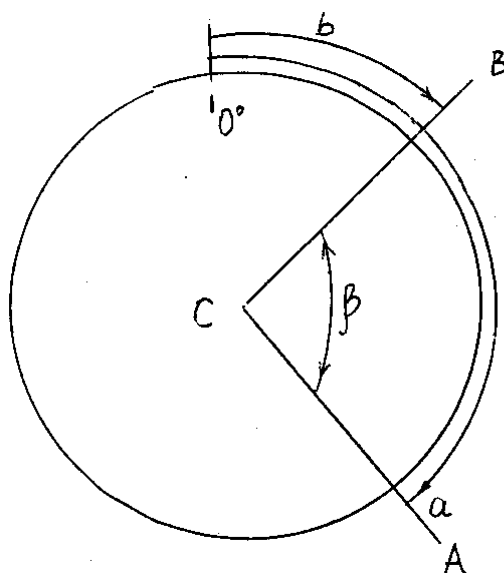


Рис. 8. Схема измерения угла способом приемов при размещении нуля лимба вне измеряемого угла

Для измерения угла ACB теодолит устанавливают в вершине угла C, центрируют и по уровню при алидаде горизонтального круга приводят с помощью подъемных винтов ось вращения в вертикальное положение. На точках A и B, между которыми измеряется угол, устанавливают визирные цели: вехи, шпильки. Глядя поверх трубы, совмещают крест визира с визирной целью, установленной в точке A, фиксируют направление, зажимая закрепительные винты алидады и трубы. Вращением кремальеры добиваются резкого изображения визирной цели. Наводящими винтами алидады и трубы совмещают центр сетки с изображением визирной цели. Во избежание ошибки, связанной с наклоном вех, при работе в поле наведение делают на низ вехи, совмещая с ним перекрестие сетки нитей. При работе в лаборатории в качестве визирных целей используют заранее закрепленные на стене марки.

Производят отсчет a по горизонтальному кругу. Открепляют алидаду, визируют на переднюю точку B и, закрепив алидаду, считывают передний отсчет b .

Измерение угла при одном положении вертикального круга называется *полуприемом*. Искомый справа по ходу лежащий угол определяют по правилу: *отсчет назад минус отсчет вперед*.

Величина измеряемого угла

$$\beta = a - b, \quad (3)$$

где a – отсчет на правую (заднюю) точку;
 b – отсчет на левую (переднюю) точку.

Для контроля и ослабления влияния инструментальных погрешностей угол измеряют при втором положении вертикального круга, трубу переводят через зенит, а прибор на 180° . Лимб смещают предварительно на $5 \dots 10^\circ$ рукояткой 3 (рис. 7).

Два таких измерения составляют прием. Из результатов измерений в полуприемах вычисляют среднее значение измеряемого угла.

Если ноль лимба расположен внутри измеряемого угла (рис. 9), то к меньшему заднему отсчету следует прибавить 360° , тогда

$$\beta = \overset{\curvearrowright}{a} + 360^\circ - b. \quad (4)$$

Расхождение результатов между двумя полуприемами не должно превышать удвоенной точности отсчетного устройства $\pm 2t$. Если расхождение допустимо, то за окончательный результат берут среднее значение из результатов двух измерений. При невыполнении этого условия выполняют повторное измерение угла. Точность отсчетного устройства у теодолита 4Т30 равна $0,5'$, поэтому допустимое расхождение угла в полуприемах не должно превышать $1'$.

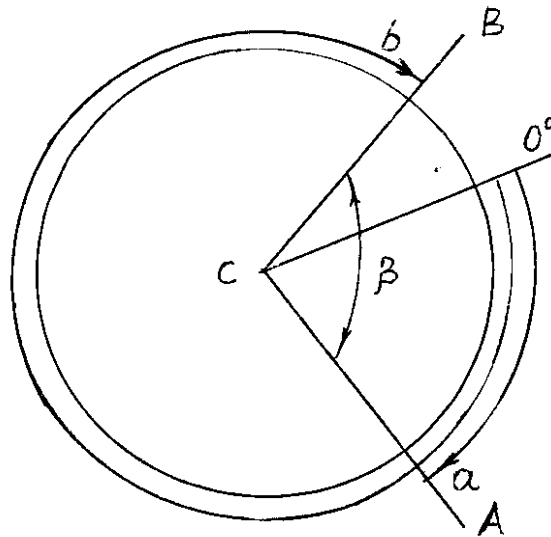


Рис. 9. Схема измерения угла способом приемов при размещении нуля лимба внутри измеряемого угла

Все отсчеты записывают в журнал измерения углов. Пример записи в журнале приведен в таблице 1.

Таблица 1

Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Дата.....

Теодолит
№

Наблюдал.....
Вычислял:

Точки		Круг	Отсчет по горизонтальному кругу ° ' "	Угол в полуприеме ° ' "	Среднее значение угла ° ' "	Схема расположения точек
станция	визирования					
С	А	КЛ	146° 50'	96 39	96 39,5	
	В		50° 11'			
	А	КП	326° 51'	96 40		
	В		230° 11'			

4. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ

Вертикальный угол, или *угол наклона*, – это угол между направлением на предмет и горизонтальным направлением визирной оси трубы. Вертикальные углы измеряют для определения превышений между точками при тригонометрическом нивелировании и для определения горизонтальных

проложений наклонных линий местности. Можно также определить высоты объектов (дымовых труб, колонн, зданий и т.д.).

Различают положительные и отрицательные углы наклона. Положительный угол образуется разностью между направлением на предмет, расположенный выше уровня оси вращения трубы, и направлением, соответствующим горизонтальному положению визирной оси трубы. Отрицательный – на точку, расположенную ниже оси вращения трубы. При измерении вертикальных углов исходным направлением является горизонтальное, оно определяется при помощи места нуля (МО) вертикального круга.

Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси и горизонтальному положению оси уровня при вертикальном или горизонтальном круге (у теодолита 4Т30).

У теодолитов разных моделей вертикальный круг имеет различное устройство и оцифровку. Поэтому формулы для определения вертикальных углов и места нуля различаются. У теодолита 4Т30 оцифровка вертикального круга секторная, от 0 до 75° и от 0 до –75°. На рис. 10 показаны отсчеты по вертикальному кругу теодолита 4Т30 для положительного вертикального угла при круге право (КП) и круге лево (КЛ).

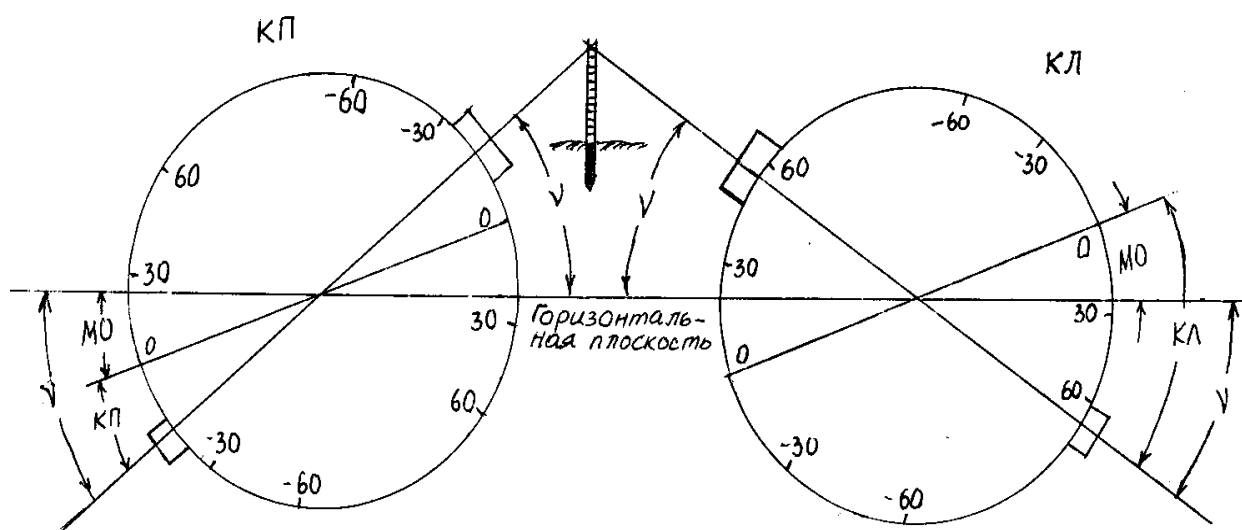


Рис. 10. Измерение вертикального угла

Расчетные формулы по определению места нуля и вертикальных углов приводятся в паспортах приборов. Для теодолитов 2Т30, 4Т30П, 2Т5К используют следующие формулы.

Из рисунка 10 очевидны формулы:

$$v = MO - КП; \quad v = КЛ - MO. \quad (5)$$

Из этих соотношений можно определить место нуля:

$$MO = \frac{KL + KP}{2}; \quad \nu = \frac{KL - KP}{2}. \quad (6)$$

Для теодолита 3Т30 , Т30 формулы имеют вид:

$$\nu = MO - KP - 180^\circ; \quad \nu = KL - MO; \quad (7)$$

$$MO = \frac{KL + KP - 180^\circ}{2}; \quad \nu = \frac{KL - KP - 180^\circ}{2}. \quad (8)$$

Отсчеты по вертикальному кругу теодолита 4Т30 берут по шкале, подписанной буквой В. Расстояние между крайними делениями шкалы равно 1° вертикального круга. Цена деления шкалы равна $5'$. Слева направо значения делений увеличиваются от 0 до $60'$ (цифра 6). Справа налево уменьшаются деления от -0 до $-60'$ (цифра -6). Отсчет по шкале делается следующим образом: количество градусов считывается с подписанного градусного штриха вертикального круга, который проектируется на шкалу. Количество минут определяется по шкале от нуля до штриха. Если градусный штрих положительный, то количество минут считается слева направо от 0. Отсчет положительный. Если градусный штрих отрицательный, то количество минут считается справа налево от -0 до градусного штриха и прибавляется к градусам; отсчет по вертикальному кругу в этом случае отрицательный. Например, на рис. 11 отсчет по вертикальному кругу $-0^\circ 28'$.

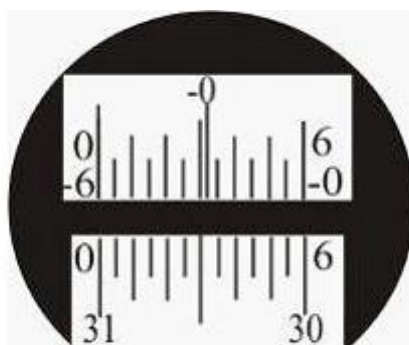


Рис. 11. Поле зрения отсчетного микроскопа

При измерении вертикального угла теодолитом 4Т30 тщательно приводят ось теодолита в отвесное положение, затем выбирают хорошо видимую точку и наводят на нее трубу при круге «лево» (КЛ). Трубу переводят через зенит,

теодолит на 180° и вновь, теперь при круге «право» (КП), наводят перекрестие сетки нитей на ту же точку и записывают отсчет по вертикальному кругу. Перед взятием отсчетов пузырек уровня при горизонтальном круге вывести на середину подъемными винтами. По формулам (6) определяют место нуля (МО) и вертикальный угол v . По формулам (7) проверяют значение угла.

Место нуля определяют повторно при наведении на другую точку и из двух значений вычисляют среднее арифметическое. Место нуля может иметь любое значение. Но важно, чтобы при измерении вертикальных углов оно оставалось постоянным. Для удобства вычислений желательно, чтобы МО было близким или равным нулю. Поэтому, если при измерении среднее значение МО больше $1'$, его исправляют. Для этого вычисляют исправленные отсчеты для вертикального круга по формулам:

$$КЛ_{испр.} = КЛ - МО, \text{ или } КП_{испр.} = КП - МО. \quad (9)$$

Устанавливают исправленный отсчет на вертикальном круге наводящим винтом зрительной трубы. При этом крест сетки нитей сместится с изображения наблюдаемой точки. Снять колпачок в окулярной части трубы, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей. Шпилькой ослабить боковые винты на половину оборота. И затем вращением верхнего и нижнего юстировочных винтов в одну сторону совместить ее перекрестие с изображением наблюдаемой точки. При этом следить за положением пузырька уровня и в случае смещения вывести его в среднее положение подъемными винтами подставки. Закрепить боковые винты сетки и еще раз определить МО.

Другие вертикальные углы можно измерять однократным наведением зрительной трубы на цель при круге «право» (КП) или круге «лево» (КЛ) и вычислять углы по формулам (7).

Все записи ведут в журнале измерения вертикальных углов. Пример записи приведен в таблице 2.

Таблица 2

Журнал измерения вертикальных углов

Точки		Отсчеты по вертикальному кругу		Место нуля МО '	Угол наклона v ° '
станция	визирования	КЛ ° '	КП ° '		
1	А	$5^\circ 27'$	$- 5^\circ 37'$	$- 0^\circ 05'$	$+5^\circ 32'$

По формулам (6) вычисляем МО и v :

$$MO = \frac{+5^{\circ}27' + \left(-5^{\circ}37' \right)}{2} = -0^{\circ}05';$$

$$v = \frac{+5^{\circ}27' - \left(-5^{\circ}37' \right)}{2} = +5^{\circ}32'.$$

контроль по формулам (7):

$$v = +5^{\circ}27' - \left(-0^{\circ}05' \right) = +5^{\circ}32';$$

$$v = -0^{\circ}05' - \left(-5^{\circ}37' \right) = +5^{\circ}32'.$$

Исправленные отсчеты для вертикального круга:

$$КЛ_{испр.} = +5^{\circ}27' - (-0^{\circ}05') = +5^{\circ}32'$$

$$КП_{испр.} = -5^{\circ}37' - (-0^{\circ}05') = -5^{\circ}32'.$$

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность измерения горизонтальных углов?
2. Что такое теодолит?
3. Перечислить основные оси теодолита 4Т30.
4. Чему равна точность измерения угла теодолитом 4Т30?
5. Как привести теодолит в рабочее положение?
6. Для чего смещают горизонтальный круг между полуприемами в случае измерения отдельного горизонтального угла?
7. Что такое визирная ось трубы?
8. Что такое параллакс? Как его устранить?
9. Назовите цену деления лимба.
10. Что представляет собой сетка нитей теодолита 4Т30П? Каково назначение каждой из ее нитей?
11. Что такое коллимационная погрешность?
12. Каким образом определяют коллимационную погрешность?
13. Для чего измеряют горизонтальный угол при КП и КЛ?
14. Объясните порядок измерения горизонтальных углов способом приемов.
15. От чего зависит точность визирования?
16. Что такое место нуля?
17. Как определяется МО вертикального круга?
18. Вычислите МО и вертикальный угол, если $KП = -10^\circ 33'$ и $KЛ = 10^\circ 18'$.
19. При измерении горизонтального угла способом приемов теодолитом 4Т30 отсчеты составляли: на заднюю (правую) точку А $12^\circ 40'$; отсчет на переднюю (правую) точку В $129^\circ 42'$. Вычислить значение угла в полуприеме.
20. При измерении горизонтального угла между точками задней (правой) точкой А и передней (левой точкой В) полным приемом теодолитом 2Т30 отсчеты приведены в таблице. Вычислить значения угла в полуприемах. Выполняется ли контроль на станции? Обосновать ответ.

№ станции	№ точки наведения	Отсчеты по горизонтальному кругу	Угол в полуприемах	Среднее значение угла
1	А (КЛ)	$61^\circ 18'$		
	В (КЛ)	$289^\circ 10'$		
	А (КП)	$243^\circ 54'$		
	В (КП)	$111^\circ 49'$		

Список рекомендуемой литературы

1. Инженерная геодезия: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман]; под ред. Д.Ш. Михелева. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 496 с.

2. Киселев М.И. Геодезия: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 384 с.

Гейко Наталья Владимировна

ИЗУЧЕНИЕ ТЕОДОЛИТА

Методические указания для студентов 1-го курса дневного
и заочного обучения по направлению «Строительство»

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано в печать 10.06.14. Формат 60x84 /16.

Усл. печ. л. 1,44. Тираж 55 экз. Заказ 14 1266. Рег. №119.

Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.