


| | | |
|--|---|---|
|  | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет» | Методическое указание к лабораторной работе |
| | | Б1.В.02 Геодезия |

Б1.В.02 ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ Изучение теодолита

Направление подготовки
35.03.01 Лесное дело

Профиль подготовки
Лесозаготовка и деревопереработка

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Уфа 2022

Составители: доцент, канд. с.-х. наук Ишбулатов М.Г.,
профессор, д-р биол. наук Хисамов Р.Р.

Рассмотрена и одобрена на заседании методической комиссии факультета агротехнологий и лесного хозяйства «24» марта 2022 г. (протокол № 6)

Рецензент: профессор, д.т.н. Хафизов А.Р.

Ответственный за выпуск: заведующий кафедрой кадастра недвижимости и геодезии, доцент, канд. с.-х. наук Ишбулатов М.Г.

Лабораторная работа
Тема: Изучение теодолита

1. Цель занятия: изучить устройство и поверки теодолита
2. Материалы и оборудование: наглядные пособия, теодолит
3. Общие сведения

При составлении карт, планов и профилей на местности приходится измерять горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения между точками. При выносе запроектированных сооружений на местность и при строительстве их нужно уметь построить на местности заданные горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения. Горизонтальные и вертикальные углы можно построить и измерить при помощи теодолита. Теодолитом можно также измерять расстояния, используя нитяной дальномер, и превышения, если на трубе теодолита имеется высокоточный цилиндрический уровень. Но все-таки главное назначение теодолита – измерение и построение на местности горизонтальных и вертикальных углов. Устройство теодолита и работу с ним необходимо знать инженеру-строителю. Поэтому ниже в указаниях приводятся сведения об устройстве теодолита (например, 4Т30П), его поверках и юстировках, и методике измерения горизонтальных и вертикальных углов.

4. Порядок выполнения работы:

4.1 Устройство теодолита

Теодолиты бывают: высокоточные – Т1; точные – Т2 и Т5; технической точности – Т15 и Т30. Т обозначает теодолит, а цифра – точность измерения углов, выраженную в секундах. Мы будем изучать теодолит технической точности 4Т30П. Здесь 4 – модификация теодолита, П – обозначает, что труба теодолита дает прямое изображение. Теодолит 4Т30 конструктивно не отличается от теодолитов 2Т30 (но является более современным), из которых в основном состоит парк теодолитов на кафедре геодезии. Поэтому, изучив 4Т30, Вы сможете работать и с теодолитом 2Т30, а в принципе и с теодолитами других марок технической точности.

Теодолит 4Т30 – это сложный и дорогой прибор. Он состоит из следующих частей (см. рис. 1): горизонтального (21) и вертикального (5) стеклянных кругов с градусными делениями (под кожухом), по которым и измеряются углы; зрительной трубы (8), вращающейся вокруг горизонтальной оси, укрепленной на колонках (10) алидады горизонтального круга; подставки (2) с тремя подъемными винтами (1, 17), при помощи которых ось вращения теодолита приводится в отвесное положение. Для этого же используется

цилиндрический уровень (14) на алидаде горизонтального круга. Для предварительного наведения зрительной трубы на цель на трубе закреплен визир (17); с другой стороны зрительной трубы находится высокоточный цилиндрический уровень (20), позволяющий использовать теодолит 4Т30 в качестве нивелира. Рядом со зрительной трубой находится отсчетный микроскоп (4), в который передаются изображения отсчетов по вертикальному (В) и горизонтальному (Г) кругам. Для получения этих отсчетов нужно при помощи зеркала подсветки, находящегося на одной из колонок, запустить свет в оптическую систему теодолита.

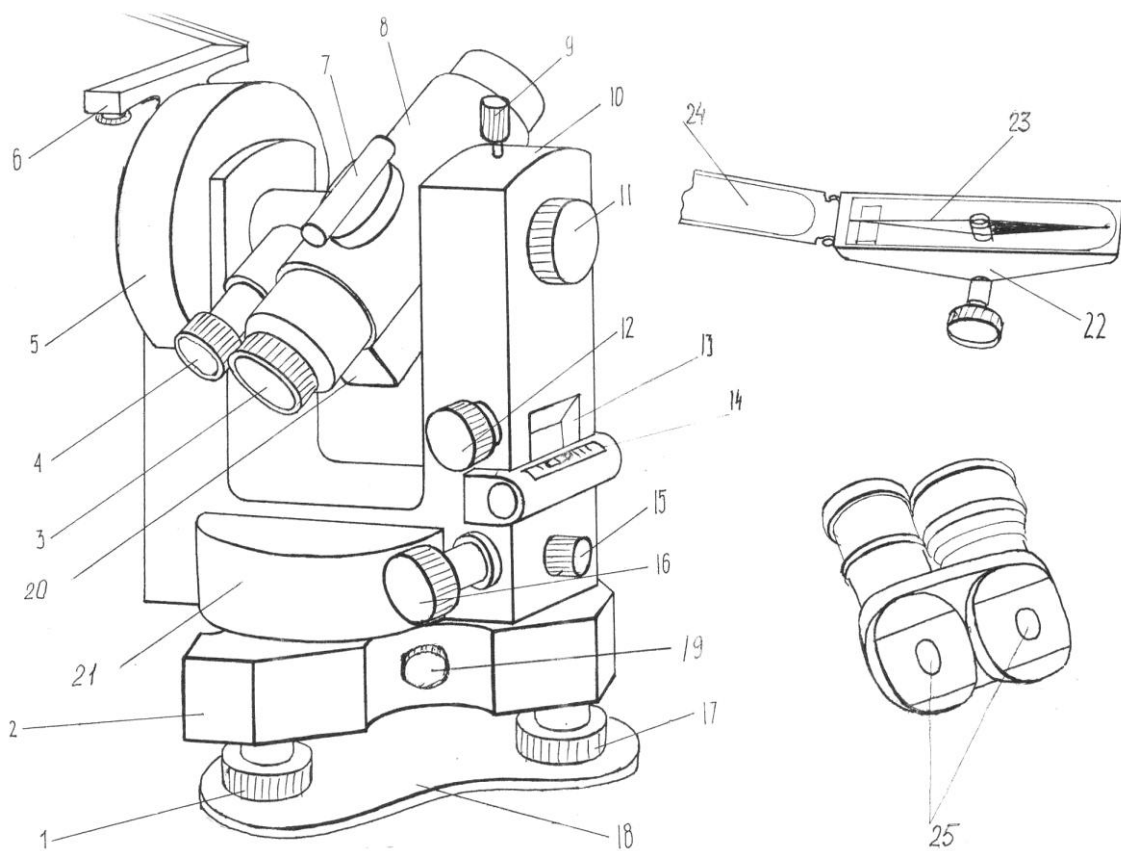


Рис.1 Теодолит 4Т30

В комплекте с теодолитом имеются: штатив, ориентир-буссоль (6, 22), окулярные насадки (25). Штатив нужен для установки теодолита над вершиной измеряемого угла. Ориентир-буссоль позволяет на местности измерять магнитные азимуты линий. Окулярные насадки, надеваемые на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа, позволяют наблюдать предметы, расположенные под углом более 45° к горизонту, и выполнять измерения на эти предметы.

Зрительная труба теодолита может переводиться через зенит и окуляром, и

объективом. Ее фокусирование на цель осуществляется вращением кремальеры (11). Вращением диоптрийного кольца (3) добиваются резкой видимости сетки нитей (рис. 2). Два горизонтальных коротких штриха сетки нитей выше и ниже перекрестия горизонтальной и вертикальной нитей представляют собой нитяной дальномер. Корпус зрительной трубы составляет единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонок (10).

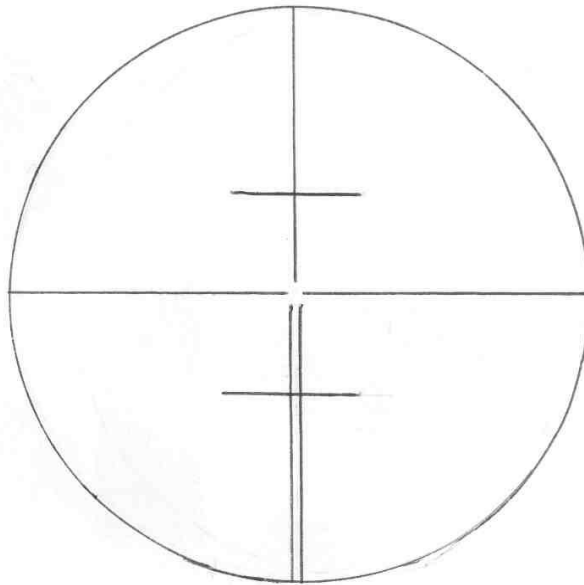


Рис.2

Коллиматорный визир (7) предназначен для грубой наводки трубы на цель. При пользовании визиром глаз должен быть на расстоянии 25-30 см от него. Точное наведение зрительной трубы на предмет в горизонтальной плоскости осуществляется наводящим винтом (16) после закрепления алидады винтом (15), а в вертикальной плоскости – наводящим винтом (12) после закрепления трубы винтом (9).

Для того чтобы теодолит плавно поворачивался вместе с горизонтальным кругом (лимбом), необходимо вращать наводящий винт лимба на подставке. При этом закрепительный винт лимба (19) должен быть зажат.

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

Изображение штрихов и цифр обоих кругов передаются в поле зрения отсчетного микроскопа, окуляр (4) которого устанавливается по глазу до появления четкого изображения шкал вращением диоптрийного кольца микроскопа. Отсчет по кругам производится по соответствующим шкалам микроскопа (В – вертикальная, Г – горизонтальная). Пример отсчета по шкале горизонтального круга (лимба) приводится на рис.3. Отсчет берется

следующим образом. Количество градусов соответствует надписи штриха лимба, который проектируется на шкалу. А количество минут определяется как дуга от нулевого деления шкалы до градусного штриха лимба. При этом нужно помнить, что цена деления шкалы равна 5 минутам. На рис. 3 отсчет равен $124^{\circ}37'$.

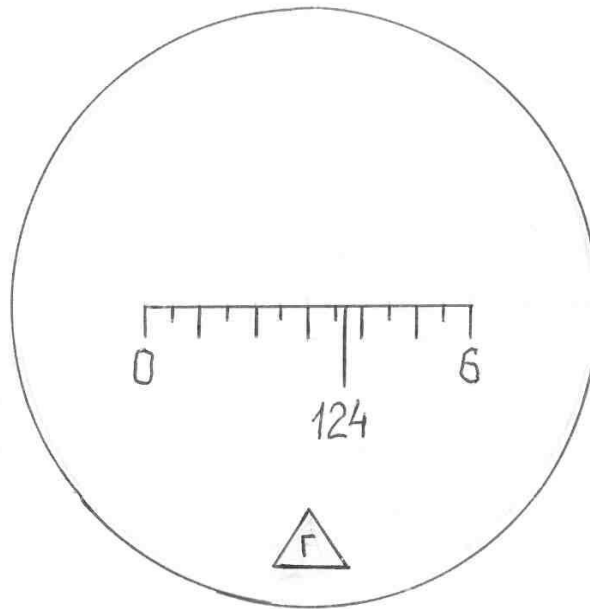


Рис.3

Установке теодолита в рабочее положение (нивелирование), когда ось вращения теодолита становится отвесной, производится вращением подъемных винтов подставки (1, 17) с использованием цилиндрического уровня на алидаде (14).

4.2 Поверки и юстировки теодолита

Все теодолиты созданы по одной геометрической схеме, основанной на принципе раздельного измерения горизонтальных и вертикальных углов. Для верного измерения углов необходимо, чтобы у теодолита в рабочем положении выполнялись следующие условия: 1) вертикальная ось прибора должна быть отвесна; 2) плоскость лимба должна быть горизонтальна; 3) визирная (коллимационная) плоскость должна быть вертикальна. А чтобы теодолит можно было установить в рабочее положение, у него должны выполняться определенные геометрические условия, касающиеся взаимного расположения осей теодолита. Перечислим, какие условия должны выполняться (см. рис. 4):

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита ($UU \perp OO$).
2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы ($VV \perp GG$).
3. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна вертикальной оси прибора ($YY \parallel OO$).
4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора ($GG \perp OO$).
5. Ось визира должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

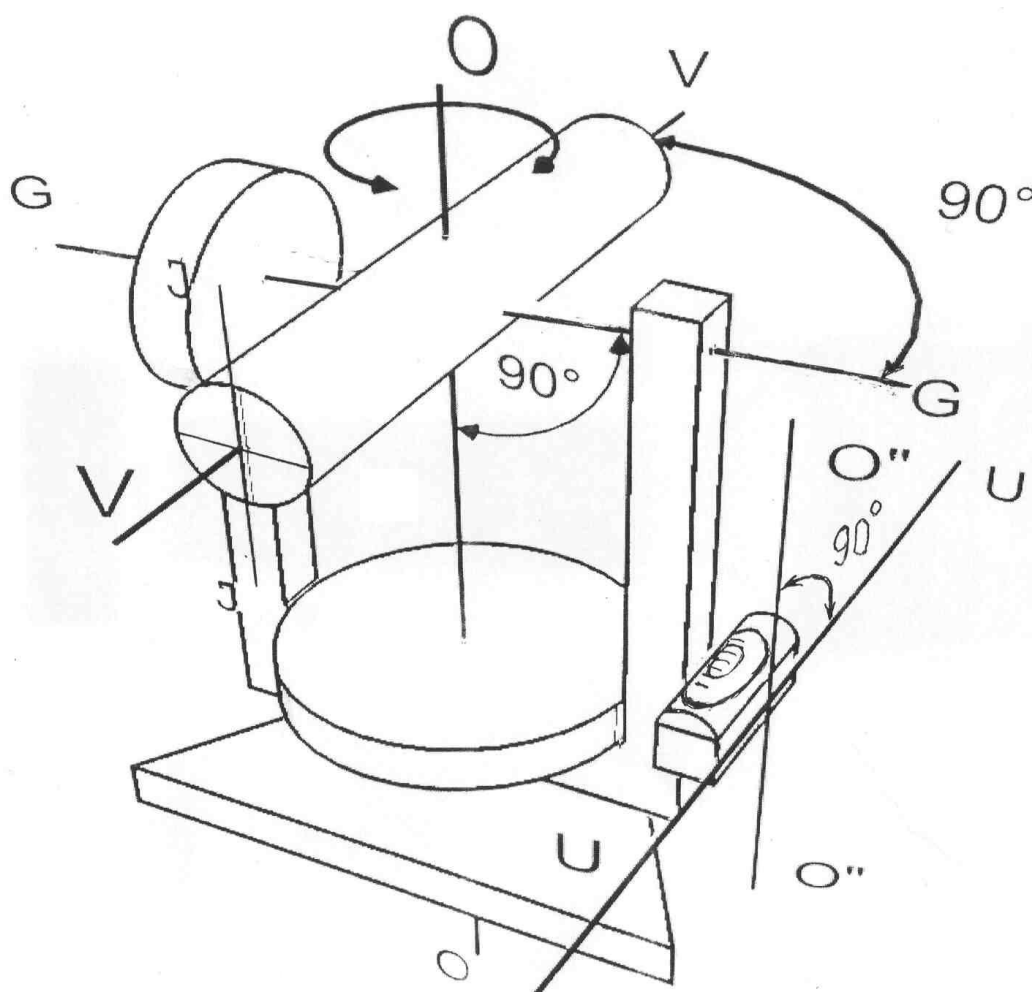


Рис.4

Выполнение перечисленных геометрических условий необходимо для правильного измерения горизонтальных и вертикальных углов. Однако правильное расположение осей теодолита может быть нарушено в процессе

работы или во время транспортировки прибора. В связи с этим возникает необходимость в выполнении поверок и юстировок теодолита.

Проверки выполнения верных геометрических условий у теодолита называются поверками. Если же какое-то условие не выполняется, необходимо сделать соответствующее исправление, то есть юстировку.

На занятиях рекомендуется выполнить первые три поверки и юстировки. Выполнение поверок всегда начинается с поверки цилиндрического уровня.

4.2.1 Поверка цилиндрического уровня.

Ось цилиндрического уровня на горизонтальном круге должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита. Теодолит устанавливают на штатив. Алидаду поворачивают таким образом, чтобы ось поверяемого уровня была параллельна двум подъемным винтам. Вращая эти винты в разные стороны, выводят пузырек уровня на середину (в нуль-пункт). Затем алидаду поворачивают на 90° и третьим подъемным винтом устанавливают пузырек уровня на середину. Затем нужно повернуть алидаду на 180° и оценить смещение пузырька уровня от нуль-пункта. Если отклонение больше одного деления, необходимо выполнить юстировку.

4.3 Юстировка цилиндрического уровня.

Исправительными винтами уровня (см. рис.5) переместить пузырек уровня к нуль-пункту на половину отклонения. Исправительные винты вращать при помощи шпильки поочередно в нужном направлении. Другую половину отклонения устранить подъемными винтами. Для проверки правильности юстировки поверку повторить.

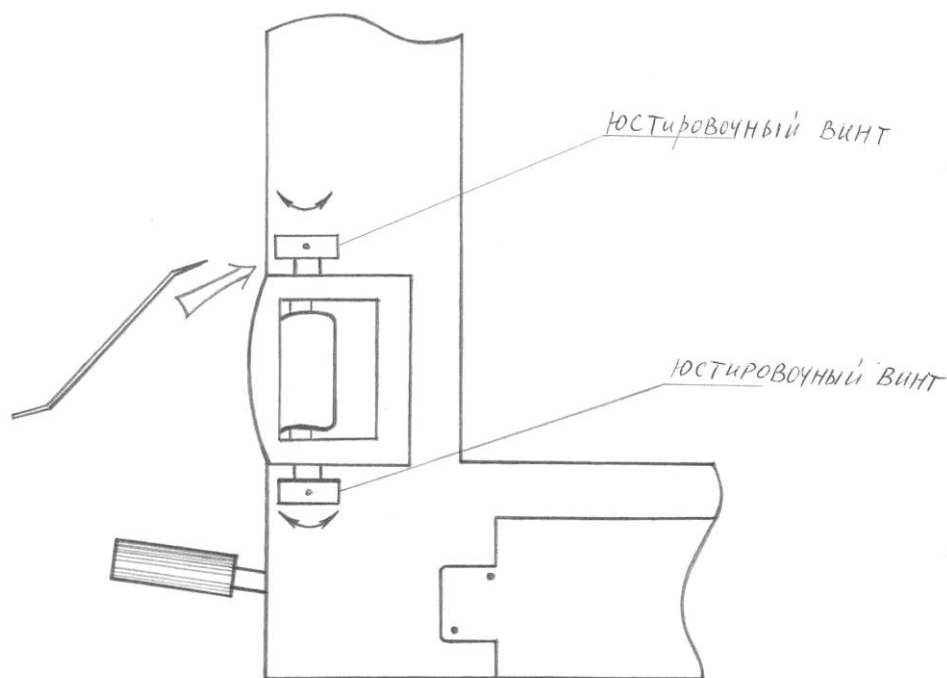


Рис.5

2. Поверка визирной оси трубы.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы. Вертикальную ось теодолита привести в отвесное положение с помощью выверенного уровня (отnivelировать). Выбрать удаленную неподвижную точку на высоте теодолита, и навести трубу теодолита на эту точку. Взять и записать отсчет по горизонтальному кругу. Затем трубу перевести через зенит, снова навести на эту же точку при другом круге, и записать отсчет по горизонтальному кругу. Затем зажать закрепительный винт алидады, ослабить закрепительный винт лимба, повернуть теодолит на 180° и зажать лимб. Далее повторить действия по взятию отсчетов на точку при круге влево и круге право при втором положении лимба. Подсчитать коллимационную погрешность (неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы оси ее вращения) по формуле

$$C = \frac{[(L_1 - P_1 \pm 180^\circ) + (L_2 - P_2 \pm 180^\circ)]}{4}. \quad (1)$$

Повторить определение коллимационной погрешности C и вычислить ее среднее значение из двух определений. Если это значение превышает по абсолютной величине $1'$, необходимо выполнить юстировку, и затем повторить поверку.

Юстировка коллимационной погрешности.

Вычисляется отсчет по лимбу, свободный от влияния коллимационной погрешности, по формуле

$$L_0 = L_2 - C \quad \text{или} \quad P_0 = P_2 + C. \quad (2)$$

Алидаду наводящим винтом устанавливают на один из этих отсчетов (в зависимости от того, при каком круге закончили поверку). Посмотрев в зрительную трубу, вы увидите, что крест сетки нитей, с наблюдаемой точки сместился на угол C . Открутите колпачок на зрительной трубе со стороны окуляра, закрывающий крепежные и исправительные винты сетки нитей. Ослабив шпилькой верхний и нижний исправительные винты сетки, вращением боковых исправительных винтов в одну сторону навести крест сетки нитей на цель при верном отсчете. Закрепить сетку, завернуть колпачок.

3. Поверка сетки нитей зрительной трубы.

Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита. Вертикальную ось теодолита привести в отвесное положение. Навести зрительную трубу на удаленную

неподвижную точку на высоте теодолита. Наводящим винтом алидады крест сетки нитей навести на левый конец горизонтальной нити, а затем плавно переместить к правому концу. Если при этом крест сместился с горизонтальной нити вверх или вниз более чем на 3 ширины этой нити, выполнить юстировку и затем повторить поверку.

Юстировка наклона сетки нитей.

Нужно открутить колпачок на зрительной трубе со стороны окуляра ослабить отверткой четыре крепежных винта окуляра и повернуть его так, чтобы нить сетки расположилась горизонтально. После юстировки сетки нитей закрепить окуляр и навинтить колпачок.

Измерение горизонтальных углов

Для верного измерения горизонтального угла необходимо соблюдение следующих условий:

- центр горизонтального круга (лимба) должен находиться на отвесной линии, проходящей через вершину угла;
- плоскость лимба должна быть строго горизонтальной.

При выполнении этих условий наклон зрительной трубы теодолита в вертикальной плоскости во время визирования на точки местности не будет влиять на величину измеряемого горизонтального угла.

Подготовка прибора к измерению горизонтального угла.

При измерении углов на местности их вершины предварительно отмечают забитыми в землю колышками. Поверенный и юстированный теодолит устанавливают на штативе таким образом, чтобы острие отвеса находилось над колышком, а головка штатива занимала приблизительно горизонтальное положение на высоте груди наблюдателя. Ножки штатива при этом должны быть вдавлены в грунт настолько, чтобы обеспечивалось устойчивое положение прибора. После этого ослабляют становой винт, которым теодолит крепится к головке штатива, и перемещают теодолит по головке штатива, добиваясь точного центрирования отвеса над серединой колышка.

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

Нивелирование прибора выполняется в такой последовательности. Поворотом алидады ось цилиндрического уровня располагают параллельно двум подъемным винтам и их вращением в противоположные стороны выводят пузырек уровня на середину. Затем поворачивают алидаду на 90° («по третьему винту») и вращением третьего винта снова выводят пузырек на

середину. Затем контролируют положение пузырька уровня в положении «по двум винтам».

Трубу устанавливают «по глазу» вращением окулярного кольца, добиваясь четкого изображения сетки нитей. Установка трубы «по предмету» делается в процессе визирования на цель вращением винта кремальеры.

Измерение горизонтальных углов способом приемов.

Сущность данного способа заключается в двукратном измерении одного и того же угла при двух положениях вертикального круга («круг лево» и «круг право») и вычислении среднего значения измеряемого угла. Схема измерения горизонтального угла показана на рис.6.

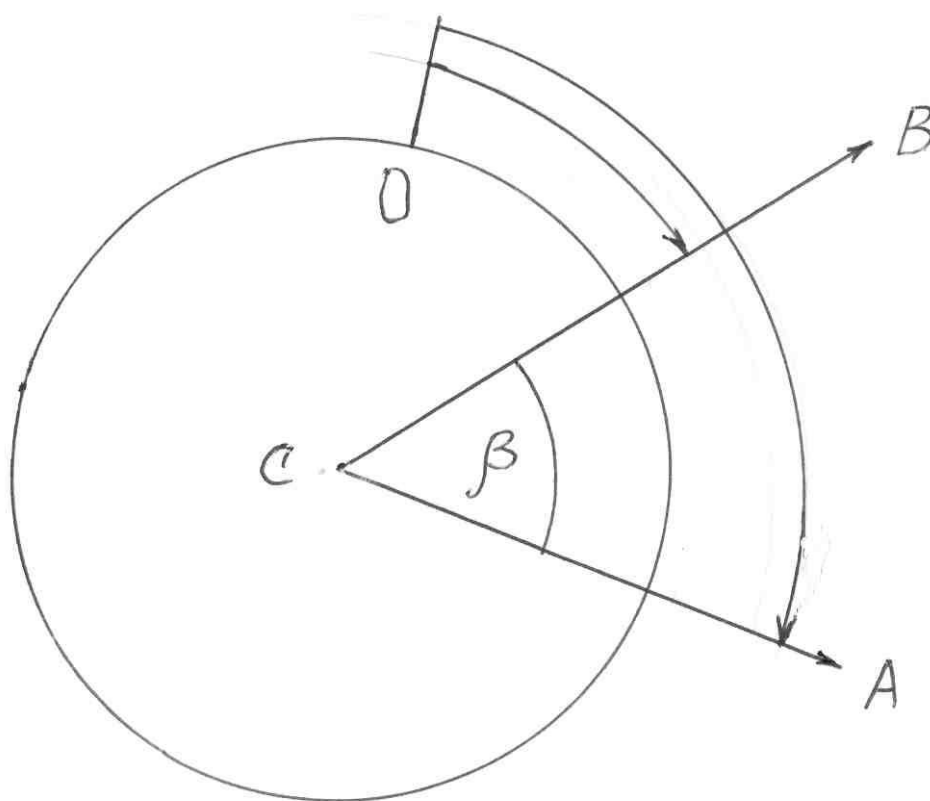


Рис.6

При оцифровке лимба по ходу часовой стрелки имеем

$$\beta = a - в,$$

где, a – отсчет на правую (заднюю) точку;
 $в$ – отсчет на левую (переднюю) точку.

Если отсчет на заднюю точку оказался меньше, чем на переднюю, то к нему предварительно нужно добавить 360° .

Теодолит наводят последовательно на правую и левую точки, снимают отсчеты по горизонтальному кругу и записывают их в журнал измерения углов. Считают и записывают измеренный угол.

При наведении на цель сначала делают грубую наводку по визиру. Затем, зажав закрепительные винты алидады и трубы, и отфокусировав трубу на цель делают точную наводку на цель наводящими винтами алидады и трубы. При работе в поле наведение делают на низ вехи, совмещая с ним перекрестие сетки нитей. При работе в помещении в качестве визирных целей используют заранее подвешенные на стены марки.

Перед вторым полуприемом рекомендуется «сбить» положение лимба на $1-2^\circ$. Это можно сделать наводящим винтом лимба. После этого трубу переводят через зенит и все операции по измерению угла повторяют. Если разница значений угла в полуприемах не превышает двойной точности отсчетного устройства, то вычисляют среднее значение угла. При невыполнении этого условия делают повторное измерение угла. Поскольку точность взятия отсчета у теодолита 4Т30 равна $0,5'$, допустимое расхождение угла в полуприемах не должна превышать $1'$.

Порядок работы по измерению горизонтальных углов и контроль измерений.

При работе в полевых условиях выбирают на местности 3-4 точки на расстоянии 100-150 м и закрепляют их кольями. Измеряют горизонтальные углы на каждой точке (вершине) и результаты записывают в журнал. Затем суммируют все измеренные углы и проверяют выполнение условия:

$$\sum \beta_{\text{изм.}} - \sum \beta_{\text{теор.}} \leq 1' \sqrt{n},$$

Здесь $\sum \beta_{\text{изм.}}$ - сумма всех измеренных углов, $\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n-2)$, где n – число измеренных углов.

Аналогично ведут работу в помещении, обозначая точки на полу мелом.

В стесненных условиях небольшого помещения можно установить теодолит в центре его и измерить несколько смежных углов, в сумме составляющих 360° , используя в качестве визирных целей заранее вывешенные на стены марки. Для того чтобы измерения смежных углов были независимыми, желательно каждый из углов измерять при разных положениях лимба.

Измерение вертикальных углов.

Вертикальным называется угол между направлением на предмет и горизонтальным направлением визирной оси трубы теодолита. Вертикальные углы могут быть заключены в пределах от 90° до -90° . Вертикальные углы измеряются для определения превышений между точками тригонометрическим нивелированием и для определения горизонтальных проложений наклонных линий местности. Измеряя вертикальные углы, можно также определить высоты объектов (зданий, водокачек, дымовых труб и т.д.).

Горизонтальное направление визирной оси определяется при помощи места нуля (МО) вертикального круга. Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси и горизонтальном положении оси уровня при вертикальном или горизонтальном (у теодолита 4Т30) круге.

У разных теодолитов вертикальный круг имеет различное устройство и различную оцифровку. Поэтому формулы для определения вертикальных углов и места нуля вертикального круга у разных теодолитов различаются. Например, у теодолита 4Т30 оцифровка вертикального круга секторная, по 75° в одну и в другую сторону от нуля, причем в одну сторону деления подписываются со знаком $+$, в другую – со знаком $-$. На рис.7 показаны отсчеты по вертикальному кругу теодолита 4Т30 для положительного вертикального угла при круге право (КП) и круге лево (КЛ).

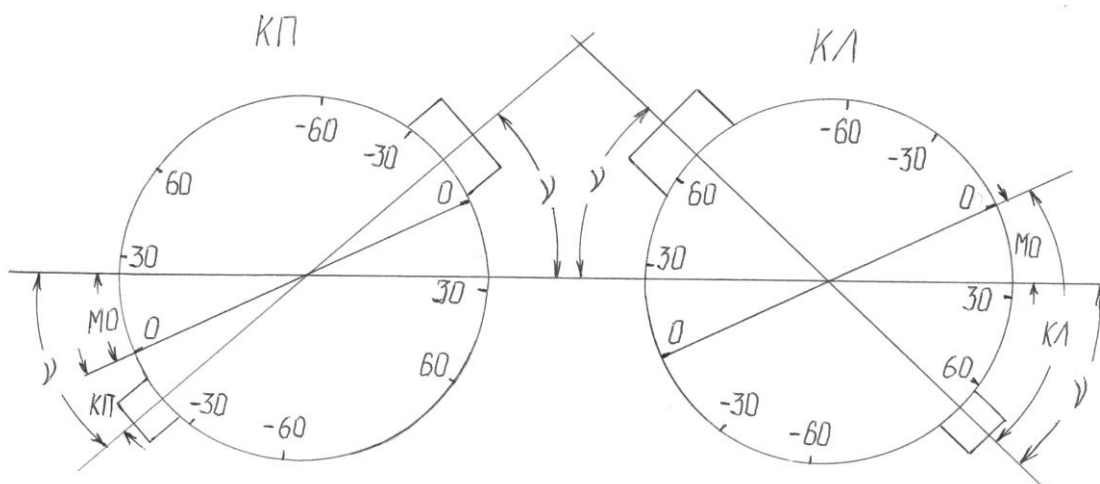


Рис.7

Из рисунка очевидны формулы:

$$\nu = \text{МО} - \text{КП}; \nu = \text{КЛ} - \text{МО}; \quad (3)$$

из этих формул можно вывести, что

$$MO = \frac{K\Lambda + КП}{2}; \quad \nu = \frac{K\Lambda - КП}{2}; \quad (4)$$

у теодолита 3Т30 (Т30) формула для определения вертикального угла и место нуля (МО) будут другие:

$$\nu = MO - КП - 180^\circ; \quad \nu = K\Lambda - MO; \quad (5)$$

$$MO = \frac{K\Lambda + КП - 180^\circ}{2}; \quad \nu = \frac{K\Lambda - КП - 180^\circ}{2}. \quad (6)$$

Необходимо отметить, что отсчеты по вертикальному кругу у теодолита 4Т30 берутся по шкале, подписанной буквой В, равной 1° вертикального круга и поделенной на 12 частей. Следовательно, цена деления шкалы равна $5'$. Деля ее на глаз на 10 частей, мы можем брать отсчет с точностью $0,5'(30'')$. Слева направо шкала возрастает от $0'$ до $60'$ (подписано цифрой 6), справа налево шкала уменьшается от $-0'$ до $-60'$ (подписано -6). Отсчет по шкале берется следующим образом: количество градусов считывается с подписанного градусного штриха вертикального круга, который проектируется на шкалу; количество минут определяется по шкале от ее нуля до градусного штриха вертикального круга. Причем, если градусный штрих положителен, то количество минут считается слева направо от 0 шкалы до этого штриха, и прибавляется к градусам. Отсчет будет положительным. Например, на рис. 8 отсчет равен $+2^\circ 19'$. Если градусный штрих вертикального круга отрицателен, то количество минут считается справа налево от -0 до градусного штриха и прибавляется к градусам; отсчет будет отрицательным. Например, на рис. 9 отсчет равен $-0^\circ 52'$.

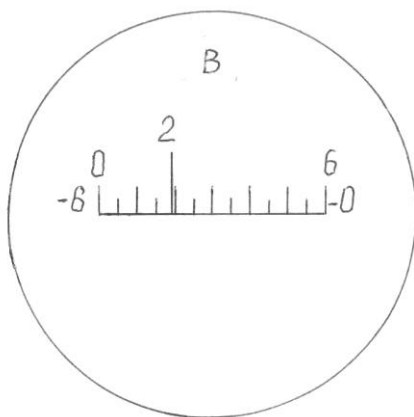


Рис. 8

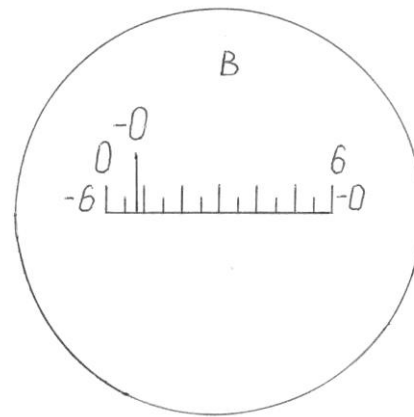


Рис. 9

При измерении вертикальных углов теодолитом 4Т30 тщательно приводят ось теодолита в отвесное положение, затем зрительную трубу наводят на точку при круге право (КП). Перед взятием отсчета при необходимости нужно поправить уровень (пузырек вывести на середину) подъемными винтами. Затем берется и записывается отсчет КП по вертикальному кругу. Далее труба переводится через зенит и наводится на ту же точку при круге лево (КЛ). Подправив при необходимости уровень подъемными винтами, берут и записывают отсчет по вертикальному кругу КЛ. По формулам (4) определяют вертикальный угол V и место нуля МО.

Место нуля следует определить повторно при наведении на другую точку, и из двух значений вычислить его среднее арифметическое. Если среднее значение МО больше $1'$, его следует исправить. Для этого вычислить исправленные отсчеты для вертикального круга по формулам

$$КЛ_{исправ.} = КЛ - МО \quad \text{или} \quad КП_{исправ.} = КП - МО \quad (7)$$

и установить исправленный отсчет на вертикальном круге наводящим винтом зрительной трубы. При этом крест сетки нитей сместится с изображения наблюдаемой точки. Отвинтить колпачок в окулярной части трубы, шпилькой ослабить на пол оборота боковые исправительные винты сетки нитей. Вращением верхнего и нижнего исправительных винтов сетки в одну сторону, навести крест сетки нитей на точку. Закрепив боковые винты сетки, еще раз определяем МО.

Если мы определили место нуля (МО), то другие вертикальные углы можем измерять однократным наведением зрительной трубы на цель при круге право (КП) или круге лево (КЛ) с одновременным снятием отсчетов по вертикальному кругу и подсчитывать углы по формулам (3).

5.Задание: Изучить устройство и поверки теодолита.

6. Контрольные вопросы.

- 1) Что такое МО?
- 2) Что измеряют теодолитом?
- 3) Что значит измерить угол при КП?

Библиографический список

1. Маслов А. В. Геодезия [Текст]: учебник / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. - М.: КолосС, 2006, - с.
2. Курошев, Г. Д. Геодезия и топография [Текст] : учебник / Г. Д. Курошев, Л. Е. Смирнов. - М. : Академия, 2009, - с.
3. Геодезия[Текст] : учебно-практич. пособие / И. Ф. Куштин. – Ростов н/Д. : Феникс, 2009. – с.
4. Практикум по геодезии [Текст]: учеб. пособие / под ред. Г. Г. Поклада. – М.:Академический Проект : Трикста, 2011, - с.
5. Неумывакин, Ю. К. Практикум по геодезии [Текст] : учеб. пособие : допущено МСХ РФ / Ю. К. Неумывакин. - М. : КолосС, 2008, - с.