

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Брянский Государственный Аграрный Университет »
Факультет энергетики и природопользования
Кафедра природообустройства и водопользования

Учебное пособие

по теме:

Устройство теодолита. Измерение углов



Брянск, 2015

УДК 528 (07)
ББК 26.12
Д30

Дёмина О.Н. Учебное пособие по теме: Устройство теодолита. Измерение углов, 2-е изд. доп. и перераб. /О.Н. Дёмина – Брянск: Издательство Брянского ГАУ 2015. –32 с.

Учебное пособие предназначено для студентов очного обучения направлений:

1) 280100 Природообустройство и водопользование, профилей «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения», «Мелиорация, рекультивация и охрана земель», «Экспертиза и управление земельными ресурсами».

2) 120700 Землеустройство и кадастры, профиля «Геодезическое обеспечение землеустройства и кадастров».

3) 190100 Наземные транспортно-технологические комплексы, профиля «Машины и оборудование защиты окружающей среды и дорожного строительства»

В пособии рассмотрены вопросы устройства, проверок и юстировок, функциональных возможностей теодолитов 4Т30 и VEGA TEO5 / TEO10 / TEO20.

Отдельным разделом представлен материал по теодолитной съемке, порядок обработки разомкнутого и замкнутого теодолитного хода, вопросы определения координат засечками.

В учебном пособии изложена как теоретическая часть для самостоятельного изучения, так и практические задания, а так же примеры решения геодезических задач, что позволяет студентам легче справиться с изучением материала по дисциплине геодезия.

Рецензент: д.т.н. Василенков В.Ф. БГАУ

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета энергетики и природопользования от 3 сентября 2015 г., протокол №1

© Брянский ГАУ, 2015
© Дёмина О.Н., 2015

Содержание

1.Изучение устройства теодолита 4Т30.....	4
.2. Изучение электронного теодолита VEGA TEO5 / TEO10 / TEO20...	7
3.Поверки и юстировки теодолитов.....	8
4. Рабочие функции теодолита VEGA TEO5 / TEO10 / TEO20.....	10
5. Измерение горизонтальных углов.....	16
6.Измерение вертикальных углов.....	20
7. Измерение расстояний нитяным дальномером.....	24
8. Теодолитная съёмка.....	25

1. Изучение устройства теодолита 4Т30

Теодолиты бывают: высокоточные – Т1; точные – Т2 и Т5; технической точности – Т15 и Т30. Т обозначает теодолит, а цифра – точность измерения углов, выраженную в секундах.

Теодолит 4Т30 состоит из следующих частей (см. рис. 3): 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 (рисунок 3).

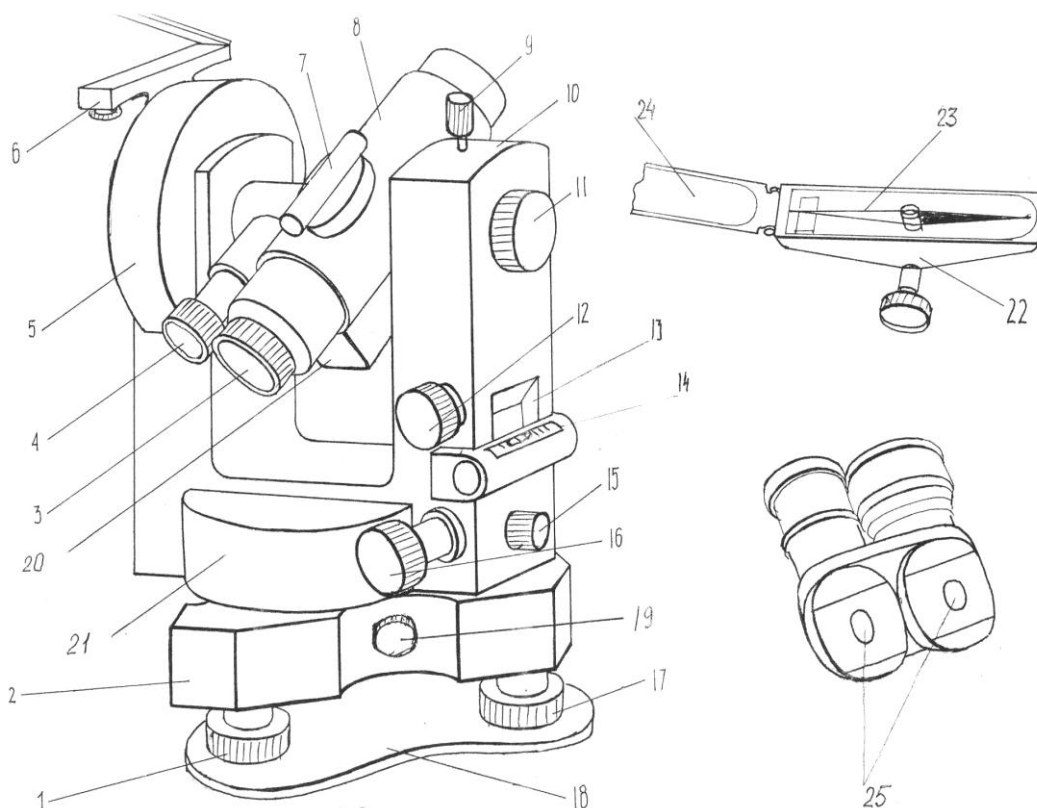


Рисунок 3. Теодолит 4Т30

Алидада – верхняя часть прибора, расположенная соосно с лимбом. Алидада несет стойки б, на которые опирается ось tt вращения зрительной трубы 8 с вертикальным кругом 7. Установка оси ii вращения алидады в отвесное положение выполняется тремя подъемными винтами подставки по цилиндрическому уровню 5 (рисунок 4).

Визирная ось зрительной трубы - это воображаемая линия, проходящая через перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива.

Ось вращения прибора - отвесная линия, проходящая через центр алидады горизонтального круга и вершину измеряемого угла.

Ось вращения трубы - горизонтальная линия, проходящая через центр алидады вертикального круга и вокруг которой труба вращается в вертикальной плоскости.

Ось цилиндрического уровня - касательная к внутренней поверхности ампулы в точке нуль-пункта.

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 зеркальца подсветки, находящегося на одной из колонок, запустить свет в оптическую систему теодолита (см. рисунок 3).

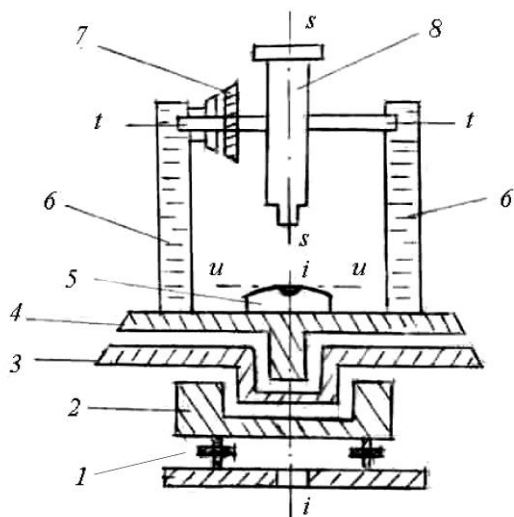


Рис. 4. Схема устройства теодолита:

ii – ось вращения алидады;
 tt – ось вращения трубы; ss – визирная ось трубы;
 uu – ось уровня алидады.

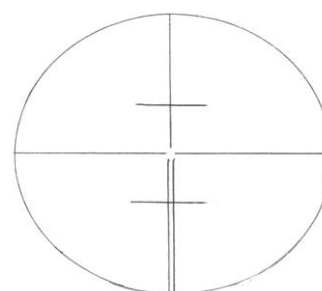


Рис.5 Сетка нитей

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). Зрительная труба жестко скреплена с лимбом вертикального круга и вращается вокруг горизонтальной оси ii , ее поворот на 180° называют переводом трубы через зенит, при этом вертикальный круг, если смотреть от окуляра, относительно зрительной трубы может располагаться справа (круг право Π) или слева (круг лево \mathcal{L}).

Вращением диоптрийного кольца (3) добиваются резкой видимости сетки нитей (рис. 5). 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) (рисунок 3).

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° .

Линия, проходящая через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей, называется визирной осью.

Полем зрения трубы называется пространство, видимое в трубу при её неподвижном положении. Визированием называют наведение трубы на цель.

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.6. 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. Лимб это стеклянный круг, по скошенному краю которого нанесены деления с оцифровкой от 0 до 360° по часовой стрелке. При этом нужно помнить, что цена деления шкалы равна 5 минутам. Теодолиты Т30, 2Т30 имеют одностороннюю отсчетную систему, оценка доли деления круга выполняется на глаз по неподвижному индексу. На рисунке 6 отсчеты по горизонтальному кругу: *a* — 70°05', *б* — 18°02,0', *в* — 111°37,5'; по вертикальному: *a* — 358°46', *б* +1°36,5', *в* - 0°42,5'.

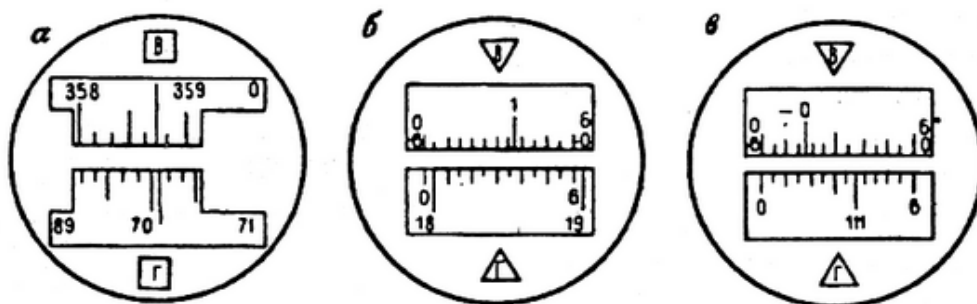


Рис. 6. Поле зрения отсчетного устройства теодолита: а — Т30; б— 2Т30 при положительном угле наклона; в — 2Т30 при отрицательном угле наклона

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).

Уровни служат для приведения осей и плоскостей приборов в горизонтальное или вертикальное положение. По конструкции они бывают цилиндрические и круглые.

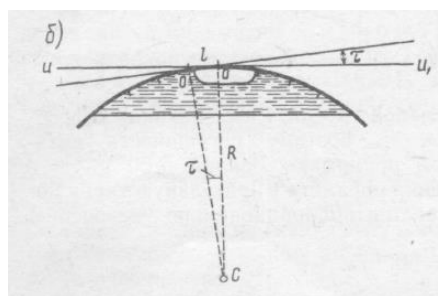
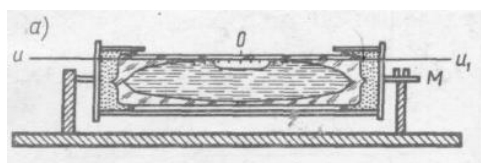


Рис. 7. Цилиндрический уровень:
а – общий вид; б – цена деления уровня.

Цилиндрический уровень (рис. 7) состоит из стеклянной ампулы, верхняя внутренняя поверхность которой отшлифована по дуге окружности определённого радиуса. При изготовлении уровня её заполняют горячим эфиром или спиртом и запаивают. При охлаждении в ампуле образуется небольшое пространство, заполненное парами жидкости и называемое пузырьком уровня. Ампула помещается в металлическую оправу, снабжённую исправительными винтами для регулировки положения уровня (на рис. 7, а – винт М). На внешней поверхности ампулы нанесена шкала со штрихами через 2 мм. Точка в середине шкалы называется нульпунктом уровня. Касательная к внутренней поверхности ампулы в нульпункте называется осью уровня. Пузырёк уровня занимает в ампуле наивысшее положение, поэтому, когда его концы расположены симметрично относительно нульпункта, ось уровня горизонтальна.

Центральный угол τ (рис. 7, б), соответствующий одному делению шкалы, называется ценой деления уровня. Цена деления уровня, выраженная в секундах, определяется по формуле:

$$\tau = \frac{l}{R} \rho,$$

где l – длина деления шкалы; R – радиус внутренней поверхности ампулы; ρ – число секунд в радиане. В разных типах теодолита цена деления цилиндрического уровня бывает от 15" до 60".

У *круглого уровня* (рис. 8.) внутренняя поверхность верхней стеклянной части ампулы имеет сферическую поверхность. Шкала уровня имеет вид окружностей с общим центром, который служит нульпунктом.

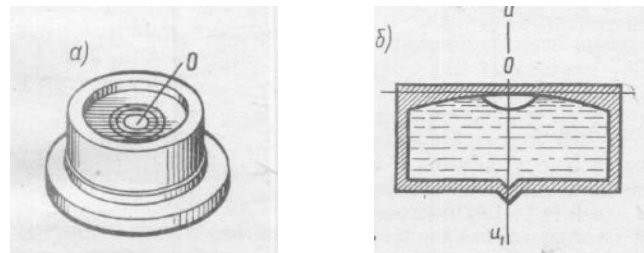


Рис. 8. Круглый уровень: а – вид сверху; б – разрез и ось уровня

Нормаль к внутренней сферической поверхности ампулы в нульпункте называется осью круглого уровня. При расположении пузырька уровня в нульпункте ось уровня занимает отвесное положение. Цена деления круглого уровня бывает в пределах 3 – 15". Круглые уровни служат для предварительной установки прибора в рабочее положение.

2. Изучение электронного теодолита VEGA TEO5 / TEO10 / TEO20





Задание 1.

1). Установить на штативе теодолиты 2Т-30, VEGA TEO 5. Изучить основные части теодолитов и их назначение, записать название основных частей теодолитов в рабочей тетради.

2) Изучить основные оси теодолитов. В соответствии с рис. 4 определить и записать названия основных осей в рабочей тетради.

3. Поверки и юстировки теодолитов

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. 9):

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения трубы ($UU \perp GG$).

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.

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 проверок 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.

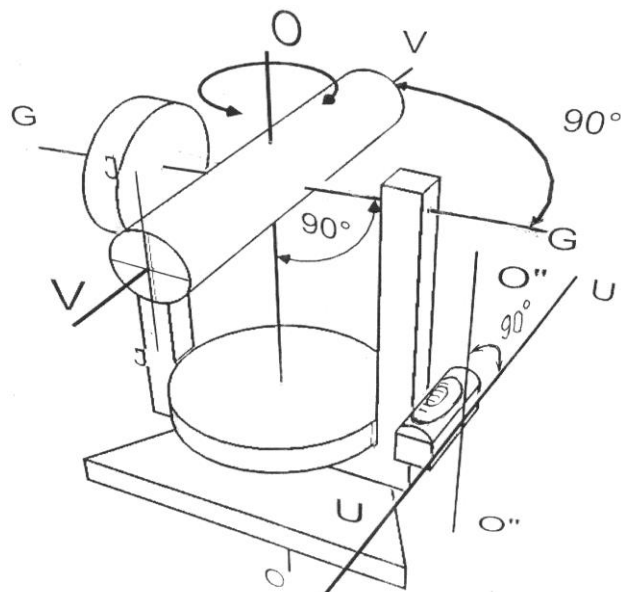


Рис.9

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 нуля - пункта. Если отклонение больше одного деления, необходимо выполнить регулировку (юстировку) (рис.10).

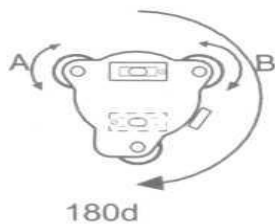
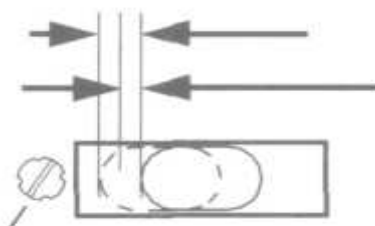


Рис. 10



Регулировочный винт

Рис 11

$\frac{1}{2}$ отклонения пузырька

Юстировка цилиндрического уровня

Для электронного теодолита:

1. Отрегулируйте положение воротка уровня с помощью шпильки из набора аксессуаров к инструменту т.о. чтобы пузырёк уровня переместился к центру колбы на половину своего отклонения.
2. Откорректируйте оставшуюся половину отклонения с помощью подъемных винтов треггера.
3. Поверните инструмент на 180° вокруг вертикальной оси и проверьте движение пузырька цилиндрического уровня. Если пузырек переместился, следует повторить регулировку (рис 11).

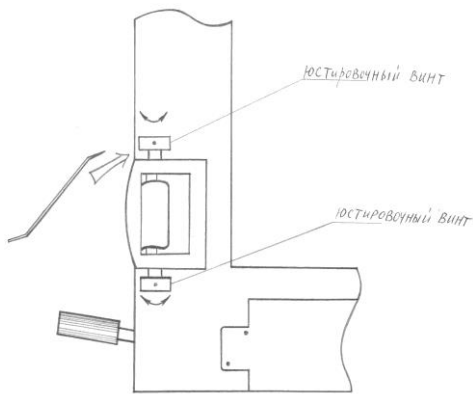


Рис.12

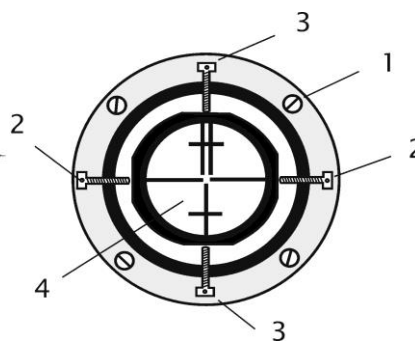


Рис 13. Крепление сетки нитей: 1–крепёжный винт окуляра; 2, 3 – горизонтальные и вертикальные исправительные винты сетки нитей; 4 – сетка нитей.

Для технического теодолита:

Исправительными винтами уровня (см. рис.12) переместить пузырек уровня к нулю-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.

Проверка и регулировка круглого уровня.

1.Тщательно отгоризонтируйте инструмент по цилиндрическому уровню. Если пузырек круглого уровня находится в центре регулировка не требуется. В противном случае следует выполнить следующую регулировку.

Регулировка

2.Передвиньте пузырек круглого уровня регулированием положения трех воротковых регулировочных винтов круглого уровня с помощью шпильки (рис 14).



Основание треггера.

Круглый уровень Рис 14

2. Проверка сетки нитей зрительной трубы.

Вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к оси вращения зрительной трубы.

1. Тщательно отгоризонтируйте инструмент на треггере.
2. Наведите сетку нитей на хорошо видимую точку А с дистанции не менее 50 м (160 футов)
3. Проведите зрительную трубу по вертикали и проверьте скользит ли точка А вдоль всей вертикальной нити.
4. Если точка А скользит вдоль всей вертикальной нити, то вертикальные нити сетки нитей телескопа перпендикулярны горизонтальной оси инструмента. (см. левый рисунок) Регулировка в этом случае не требуется.
6. Если точка А при перемещении зрительной трубы вдоль вертикали отклоняется от вертикальной нити сетки нитей. (см. правый рисунок) В этом случае требуется регулировка.

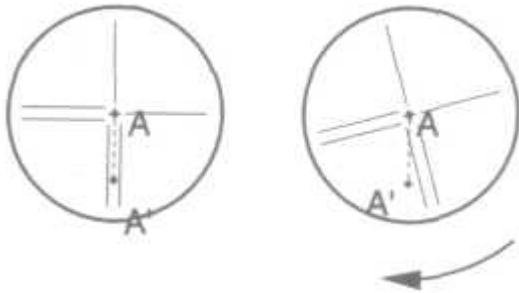


Рис. 15

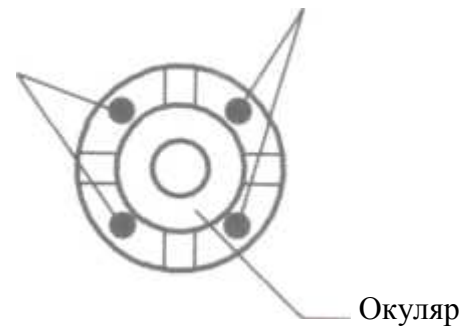


Рис.16

1. Отвинтите крышку покрывающую 4 регулировочных винта сетки нитей поворачивая крышку против часовой стрелки.
2. Ослабьте эти винты отверткой из набора аксессуаров, считая при этом число оборотов отвёртки. Совместите вертикальную нить сетки нитей с точкой А и затяните регулировочные винты тем же количеством оборотов отвёртки.
3. Проведите проверку ещё раз и повторяйте регулировку до тех пор пока точка А не будет скользить по всей длине вертикальной нити сетки нити.

3. Проверка визирной оси трубы.

Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.

Если визирная ось перпендикулярна к оси вращения трубы, то отсчёты по горизонтальному кругу при разных положениях вертикального круга (круг слева и круг справа) и наведении на одну и ту же точку будут различаться ровно на 180° . Если разность отчетов отличается от 180° , то ось вращения трубы не перпендикулярна к визирной оси (рис. 12). При этом соответствующие отсчёты I и II отличаются от правильных значений на одинаковую величину c , получившую название коллимационной ошибки.

1. Установите инструмент между точками А и В в пределах их прямой видимости на равном расстоянии 50 – 60м от каждой из них.
2. Тщательно отгоризонтируйте инструмент на треггере по цилиндрическому уровню.
3. Наведитесь на А.
4. Ослабьте затяжной винт вертикальной наводки и поверните трубу на 180° или $200G$ вокруг горизонтальной оси инструмента т.о. чтобы труба показывала в противоположную сторону
5. Наведитесь на точку В и закрепите затяжной винт вертикальной наводки.
6. Ослабьте затяжной винт горизонтальной наводки и поверните трубу на 180° или $200G$ вокруг вертикальной оси инструмента т.о. чтобы труба показывала в противоположную сторону. Наведитесь на точку А и закрепите затяжной винт горизонтальной наводки.
7. Ослабьте затяжной винт вертикальной наводки и поверните трубу на 180° или $200G$ вокруг горизонтальной оси инструмента. Перекрестие сетки нитей телескопа (точка С) должно совпасть с точкой В.
8. Если точка С не совпадает с точкой В то требуется регулировка состоящая из следующих процедур.

Регулировка.

1. Отвинтите крышку покрывающую 4 регулировочных винта сетки нитей, поворачивая крышку против часовой стрелки
2. Определите точку D между В и С т.о. чтобы расстояние CD равнялось $\frac{1}{4}$ расстояния ВС. (несовпадение ВС в 4 раза больше реальной ошибки за коллимацию из-за того что зрительная труба при проверке поворачивалась 2 раза.
3. Поворачивая регулировочные воротки в верхней, нижней, левой и правой части окуляра передвиньте вертикальную нить сетки нитей т.о. чтобы она совпадала с точкой D. По окончании регулировки повторите процедуру проверки. Если точки В и С совпадают, то дальнейшей регулировки не требуется. В противном случае повторите регулировку.

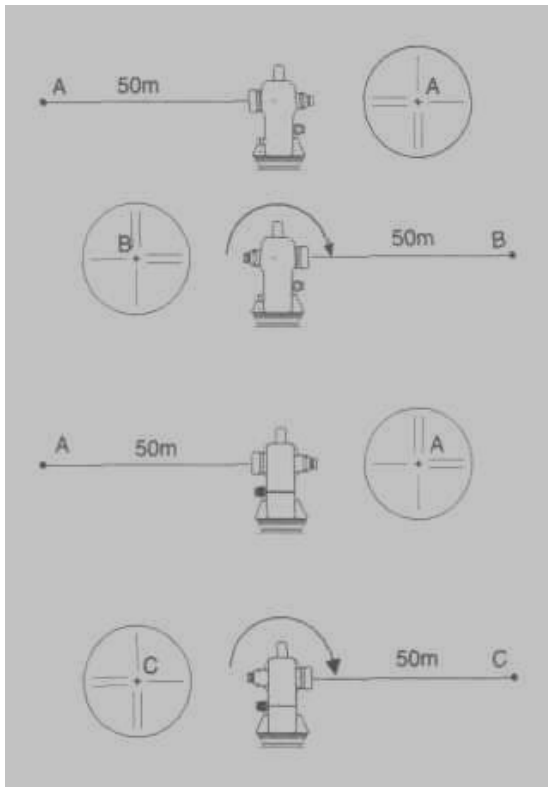
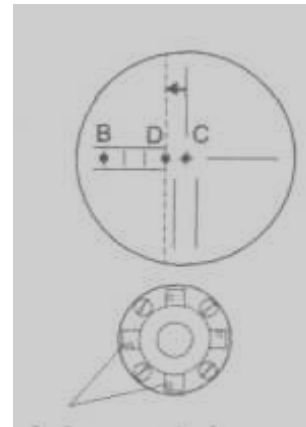


Рис 17



Регулировочные винты сетки нитей.

Рис 18

Для того чтобы сдвинуть вертикальную нить сетки нитей ослабьте сначала регулировочный винт воротка на одной стороне, затем подтяните регулировочный винт воротка на противоположной стороне. Винты ослабляются вращением их против часовой стрелки, затягиваются – по часовой. Вращайте их, по возможности, меньше.

4. Поверка оси вращения трубы

Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады.

Установив теодолит вблизи стены здания, визируют на высоко расположенную под углом наклона $25 - 30^\circ$ точку P (рис. 20). Наклоняют трубу до горизонтального положения и отмечают на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, вновь визируют на точку P и отмечают её проекцию. Если изображения обеих проекций точки не выходят за пределы биссектора сетки нитей, требование считают выполненным. В противном случае необходимо исправить положение оси вращения трубы. Исправление выполняют в мастерской, изменяя наклон оси.

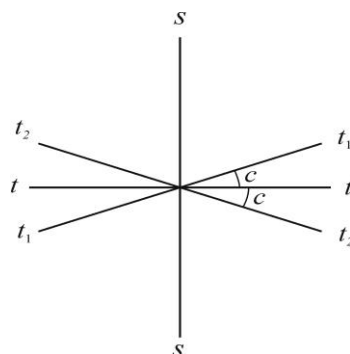


Рис. 19. Поверка визирной оси: ss – визирная ось; tt – верное положение оси вращения трубы; t_1t_1, t_2t_2 – положение оси вращения трубы при круге право и круге лево.

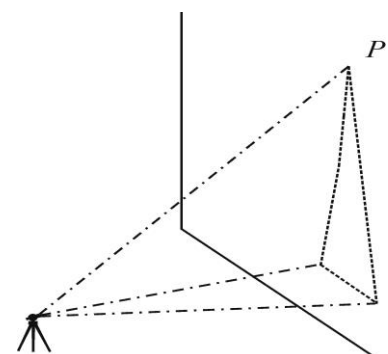


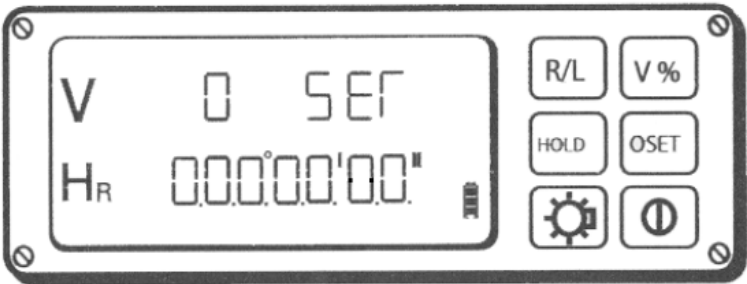

Рис. 20. Поверка оси вращения зрительной трубы

Задание 2.

Выполнить поверки теодолитов Т-30, VEGA TEO 5.

4. Рабочие функции электронного теодолита VEGA TEO5 / TEO10 / TEO20

Таблица 1. Функции электронного теодолита VEGA TEO5 / TEO10 / TEO20

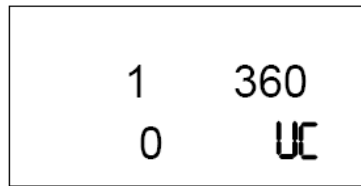
Обозначение на дисплее	Функция
V	<p>Символ вертикального угла SEГ указывается на месте вертикального отсчета, пока зрительная труба не пройдет через место нуля горизонтальной оси. Эта процедура устанавливает место нуля.</p>  <p>(См. часть 1.2.3, “Настройки измерения”)</p>
H_R	Символ горизонтального угла, измеренного по часовой стрелке.
H_L	Символ горизонтального угла, измеренного против часовой стрелки.
	Символ, указывающий уровень заряда батареи. (См. часть 4, Источник питания)
G	Угловые измерения в гонах.
%	Уклон. (См. часть 1.2.3, Настройки измерения)

Клавиша	Функция	Операция
R/L	Установка направления отсчета горизонтального угла.	Изменение направления измерения горизонтального угла по часовой стрелке на направление измерения против часовой стрелки. Направление меняется при каждом нажатии клавиши.
HOLD	Удержание отсчета горизонтального угла.	Удержание текущего значения горизонтального угла на дисплее. Когда нажата эта клавиша, отсчет горизонтального угла мигает. Теодолит можно повернуть без изменения отсчета горизонтального угла. Повторное нажатие клавиши разблокирует отсчет горизонтального угла.
	Подсветка дисплея и сетки нитей.	Для включения подсветки дисплея и сетки нитей нажмите эту клавишу, повторное нажатие данной клавиши отключает подсветку.
V%	Уклон.	Переход от градусов/гонов к уклону в % для вертикального угла. Символ “%” появляется на дисплее, когда активизирован режим уклона.
OSET	Обнуление отсчета горизонтального круга.	Обнуление отсчета горизонтального круга на дисплее. Нажатие этой клавиши устанавливает отсчет 0°00'00” на любое направление.
	Включение/выключение.	Включает/выключает теодолит.

Настройки измерений

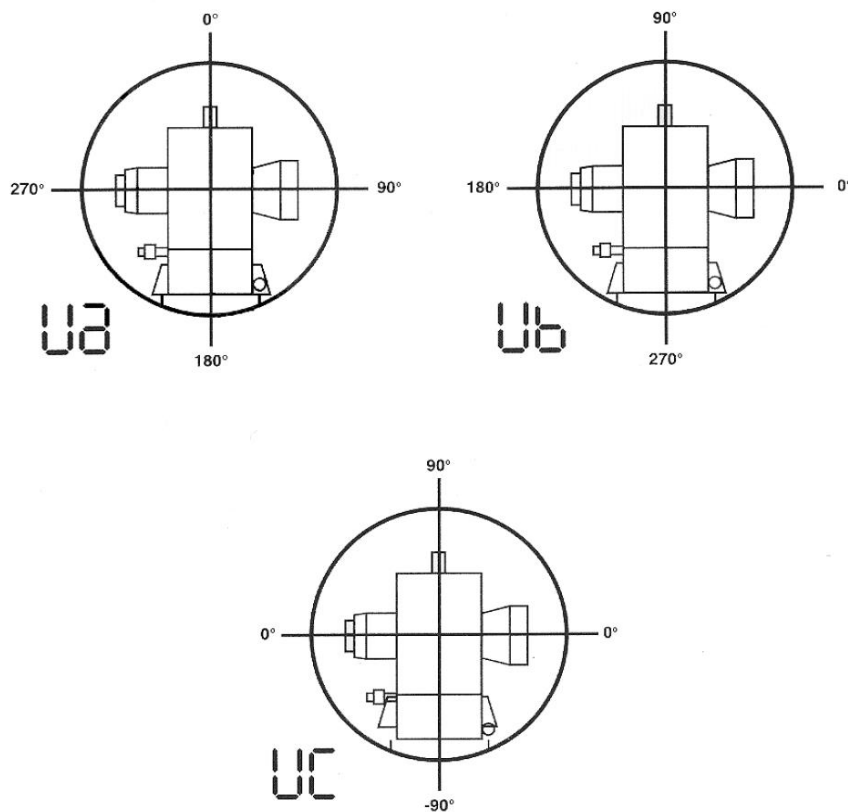
A) Включите теодолит

B) Нажмите клавишу R/L и V% одновременно. Вы услышите звуковой сигнал, и дисплей будет выглядеть так же, как на картинке внизу.



C) Настройки измерений.

Клавиша	Операция	Дисплей
R/L	Измените отсчет горизонтального и вертикального угла, чтобы на дисплее было 1 или 5". (Изменение отсчета не повышает точность измерения.)	
V%	Изменение единиц измерения горизонтальных и вертикальных углов между 360 градусами или 400 гонами.	
HOLD	Изменение времени автоматического отключения теодолита. Три режима: "0" - теодолит не отключается; "10" - отключение через 10 минут; "30" - отключение через 30 минут.	
OSET	Изменение нулевых точек и систем отсчета вертикального круга. Три системы: Ua, Ub, Uc. См. схему на следующей странице.	
	Наличие или отсутствие звукового сигнала при отсчетах 0°, 90°, 180° и 270°.	



Когда все настройки сделаны, нажмите “H/R” и “V%” одновременно. Прозвучит звуковой сигнал, и дисплей вернется к обычному виду.

а- Углы считаются от зенита

б- От горизонта

с- В полукруговом счёте

Рис.21

5. 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.

Измерение горизонтального угла выполняют способом приемов. При измерении нескольких углов, имеющих общую вершину, применяют способ круговых приемов.

Работу начинают с установки теодолита над центром знака (например, колышка), закрепляющим вершину угла, и визирных целей (вех, специальных марок на штативах) на концах сторон угла.

Установка теодолита в рабочее положение состоит из центрирования прибора, горизонтирования его и фокусирования зрительной трубы.

Центрирование выполняют с помощью отвеса. Устанавливают штатив над колышком так, чтобы плоскость его головки была горизонтальна, а высота соответствовала росту наблюдателя. Закрепляют теодолит на штативе, подвешивают отвес на крючке станкового винта и, ослабив его, перемещают теодолит по головке штатива до совмещения острия отвеса с центром колышка. Точность центрирования нитяным отвесом 3 – 5 мм.

Горизонтирование теодолита выполняют в следующем порядке. Поворачивая алидаду, устанавливают ее уровень по направлению двух подъемных винтов, и, вращая их в разные стороны, приводят пузырёк уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду на 90° и третьим подъёмным винтом снова приводят пузырёк в нуль-пункт.

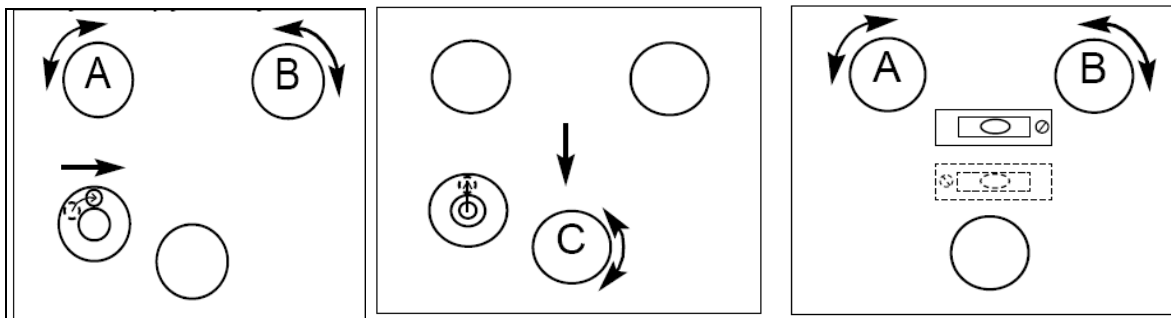


Рис.22

Фокусирование зрительной трубы выполняют “по глазу” и “по предмету”. Фокусируя “по глазу”, вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются четкого изображения сетки нитей. Фокусируя “по предмету”, вращая рукоятку кремальеры, добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета. Фокусирование должно быть выполнено так, чтобы при покачивании головы наблюдателя изображение не перемещалось относительно штрихов сетки нитей.

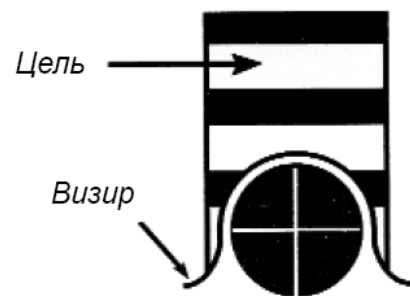
Следите за тем, чтобы не было параллакса - видимого смещения между точкой визирования и сеткой нитей при перемещении глаза. Параллакс снижает точность измерений. Чтобы установить наличие параллакса, выполните следующие действия:

1. Наведите зрительную трубу на точку визирования и приведите её в фокус.
2. Перемещайте глаз вверх и вниз или вправо и влево и следите за смещением точки визирования относительно перекрестия сетки нитей.
3. Если параллакс есть, подрегулируйте окуляр. Всегда устраняйте параллакс перед началом работы, чтобы гарантировать точность измерений.

Визирование

Ослабьте фиксирующие винты и наведите зрительную трубу на цель, используя визиры, расположенные над и под зрительной трубой.

Следите, чтобы между глазом и визиром было небольшое расстояние.



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.23.

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.

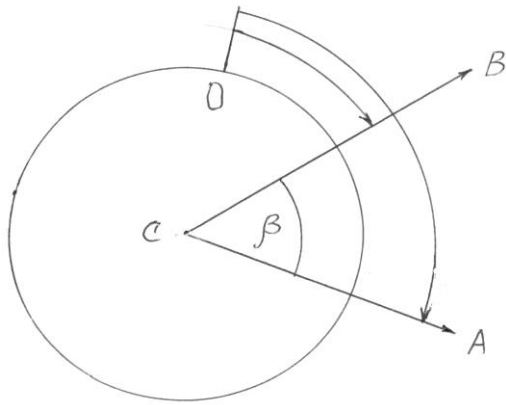


Рисунок 23

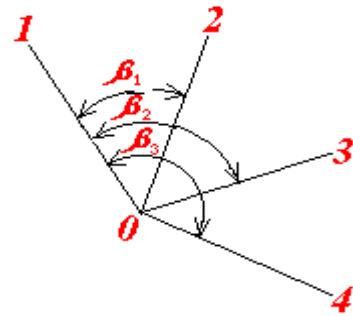


Рисунок 24

При оцифровке лимба по ходу часовой стрелки имеем: $\beta = a - b$,
 где a – отсчет на правую (заднюю) точку; b – отсчет на левую (переднюю) точку.

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. Полученный отсчёт A при КП записывают в журнал измерения углов. Затем открепляют алидаду, делают наведение трубы на т.3 и записывают отсчёт B .

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 при КЛ. 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 $1'$.

Из полученных результатов измерений в полуприемах вычисляют среднее значение измеряемого угла. В зависимости от требований к точности угол измеряют различным числом приемов с перестановкой лимба между приемами на несколько градусов.

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:

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

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

Понятие об измерении способом круговых приемов нескольких углов, имеющих общую вершину. Одно из направлений принимают за начальное. Поочередно, по ходу часовой стрелки, при круге слева наводят трубу на все визирные цели и берут отсчеты. Последнее наведение вновь делают на начальное направление. Затем, переведя трубу через зенит, вновь наблюдают все направления, но в обратном порядке – против часовой стрелки. Из отсчетов при круге слева и круге справа находят средние и вычитают из них среднее значение начального направления. Получают список направлений – углов, отсчитываемых от начального направления.

При способе круговых приемов измеряют направления выходящие из общей вершины,

только таких направлений не два как при описанном выше приеме, а несколько (рис. 24); по разности соответствующих направлений вычисляют значение углов. Установив теодолит над точкой 0 и закрепив лимб, визируют последовательно на все направления по ходу часовой стрелки и берут отсчеты $a_1, a_2, a_3,$ и a_4 . Последнее наведение делают на начальное направление, чтобы убедиться в неподвижности лимба.

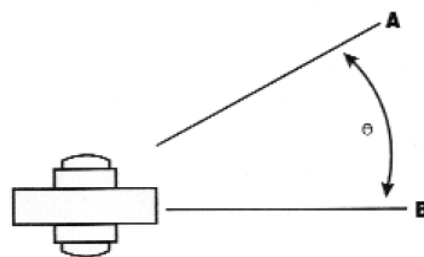
Далее со средним значением отсчета на начальное направление a_1 вычисляют величины основных углов

$$\beta_1 = a_2 - a_1; \beta_2 = a_3 - a_2; \beta_3 = a_4 - a_1; \dots$$

Во втором полуприеме переводят трубу через зенит и последовательно визируют на все направления но только в обратном порядке - против хода часовой стрелки. Два таких полуприема составляют прием.

Порядок действий при измерении горизонтальных углов электронным теодолитом:

1. Наведите зрительную трубу на точку А.
2. Нажмите "0SET", чтобы обнулить отсчет горизонтального круга.
3. Наведите зрительную трубу на вторую точку В. На экране появится значение Угла между точками А и В.



Переход в угловых измерениях от «круга право» (КП) к «Кругу лево» (КЛ).

Пример: 1. При круге право (КП) наведитесь на первый ориентир А. Отсчёт направления, например, $120^{\circ}30'40''$.



2. Нажав клавишу , перейдите к отсчёту круг лево (КЛ) $239^{\circ}29'20''$.



Т.о. инструмент перешел в режим измерения горизонтальных углов (КЛ)

Каждый раз при нажатии клавиши R/L режимы КЛ и КП взаимозаменяются.

Установка начального направления (Метод блокирования угла)

Используя клавишу блокировки **HOLD** можно установить любой требуемый отсчёт горизонтального угла.

Пример: 1. Вращая винт точного горизонтального наведения установите отсчёт горизонтального угла, например,

V $90^{\circ}10'25''$.

H R $20^{\circ}30'45''$

2. Нажмите клавишу блокировки **HOLD** и отсчёт заблокируется и будет мигать

V $90^{\circ}10'25''$.

H R $20^{\circ}30'45''$

3. Поворотом оптической трубы наведитесь на ориентир А и закрепите зажимной винт горизонтального наведения.

4. Нажмите клавишу **HOLD** и отсчёт горизонтального угла перестанет мигать и разблокируется. Начальное направление на ориентир А будет равно $20^{\circ}30'45''$

Задание 3.

Измерить горизонтальный угол теодолитами Т-30, VEGA ТЕО -5. Образец журнала измерения углов приведен ниже (табл. 2). Измерение горизонтальных углов выполняют при двух положениях круга (КП и КЛ). При КП закрепляют лимб горизонтального круга и, вращая алидаду, наводят трубу на выбранную точку 1.

Точное наведение вертикальной нити на точку осуществляют наводящим винтом алидады, предварительно закрепив ее. Полученный отсчет a_1 , по горизонтальному кругу записывают в журнал измерения углов. Затем открепляют алидаду, делают наведение трубы на точку 3 и записывают отсчет a_3 .

Второй полуприем выполняют при КЛ так же, как и первый, но перед его началом необходимо перевести трубу через зенит, переместить лимб на несколько (3—5) градусов и снова закрепить его. Значения измеренных углов в обоих полуприемах получают как разности отсчетов $a_1—a_3$. Если значения углов не отличаются более чем на двойную точность отсчета, то вычисляют среднее арифметическое, являющееся результатом измерения угла полным приемом. В противном случае измерение угла считается неправильным. Образец журнала измерения углов приведен ниже (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Журнал измерения горизонтальных углов

№ точек		КЛ КП	Отсчеты по горизонтальному кругу		Угол при КЛ
Стояния	Наблюдения				Средний угол Угол при КП
	1	КЛ	212	22	144°51
	3		67	31	<u>144°51,5</u>
2	1		116	51	144°52
	3	КП	331	59	

6.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 (отсчет при трубе, расположенной горизонтально, и пузырьке уровня в нульпункте называется *местом нуля вертикального круга* (МО)).

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.26 показаны отсчеты по вертикальному кругу теодолита 4Т30 для положительного вертикального угла при круг право (КП) и круге лево (КЛ).

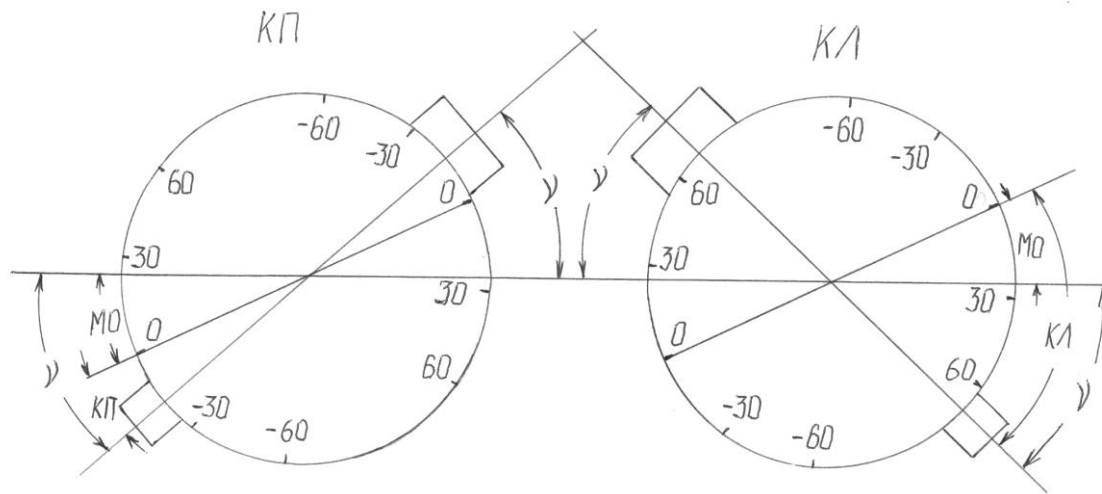


Рис.25

Из рисунка очевидны формулы:

$$\nu = \text{МО} - \text{КП}; \nu = \text{КЛ} - \text{МО}; \quad (1)$$

из этих формул можно вывести, что

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}; \quad \nu = \frac{\text{КЛ} - \text{КП}}{2}; \quad (2)$$

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

$$\nu = \text{МО} - \text{КП} - 180^\circ; \quad \nu = \text{КЛ} - \text{МО}; \quad (3)$$

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} - 180^\circ}{2}; \quad \nu = \frac{\text{КЛ} - \text{КП} - 180^\circ}{2}. \quad (4)$$

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. 26 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. 27 отсчет равен $-0^\circ 52'$.

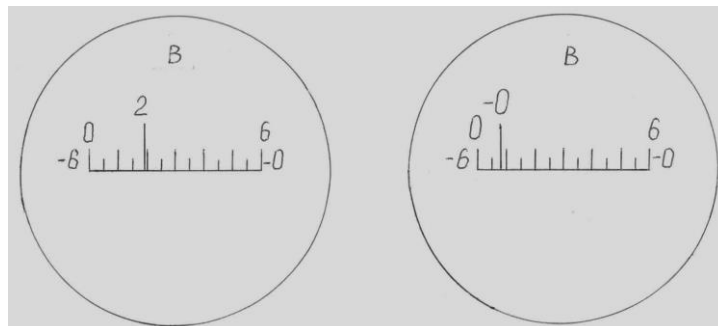


Рис. 26

Рис. 27

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.

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

$$КЛ_{исправ.} = КЛ - МО \quad \text{или} \quad КП_{исправ.} = КП - МО \quad (5)$$

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.

Для определения вертикальных углов электронным теодолитом:

Если вертикальный угол равен нулю в направлении зенита, то измеренный вертикальный угол называется **зенитным расстоянием (рис 21)**.

$$\text{Зенитное расстояние} = (L + 360^\circ - R)/2 \quad \text{Место нуля} = (R + L - 360^\circ)/2$$

Если вертикальный угол равен 0° в направлении горизонта, то измеренный вертикальный угол называется **углом возвышения**.

$$\text{Угол возвышения} = (L \pm 180^\circ - R)/2 \quad \text{Место нуля} = (R + L - 180^\circ)/2$$

Для ввода инструмента в установочный режим нажмите клавиши R/L и V% одновременно. Нижняя правая строка это режимы измерения вертикальных углов, например Ua для углов от зенита, Ub для углов от горизонта и Uc для углов наклона. Дважды нажмите клавишу OSET для перемены символа Ua на Uc в нижней правой строке.

Коррекция МО вертикального угла. При использовании инструмента для измерения вертикальных углов (в режиме измерения от зенита) сумма углов КЛ и КП должна быть 360° . В противном случае половина разности между полученной суммой и 360° является ошибкой МО. Разброс ошибки МО определяет точность инструмента.

Вычисление поправки: Убедитесь что инструмент выключен.

1. Тщательно выставьте инструмент на штативе по цилиндрическому уровню.
2. Нажмите одновременно клавиши V% и инструмент войдет в режим коррекции нуля вертикального угла
3. При нормальном положении трубы наводите на ориентир А. Строка на дисплее показывает STEP1, а верхняя строка показывает текущий вертикальный угол

STEP 1

89° 10' 20"

4. После визирования нажмите клавишу V%

5. Сделайте КП и ещё раз наводите на ориентир А. Нижняя строка на дисплее покажет STEP 2, а верхняя строка текущий вертикальный угол.

STEP 1

270° 47' 20"

6. После наведения нажмите клавишу V%. Результаты измерений будут обработаны инструментом компенсационную поправку и сохранены в памяти теодолита.

V 0 SER

Hr 0° 00' 00"

Установка места нуля вертикального круга электронного теодолита

Операция	Клавиша	Дисплей
Точное горизонтирование теодолита	нет	
Нажмите клавишу V% и удерживайте ее пока нажимаете клавишу питания. На дисплее теодолита появится режим установки места нуля вертикального круга.	V% ⓪	V 0 SEГ █
Поверните зрительную трубу, чтобы установить место нуля. На дисплее появится "STEP--1".		V 95°10'20" H _R СГЕР---1 █
Наведите зрительную трубу на цель, расположенную близко к горизонту на расстоянии примерно 100 м. Нажмите "V%". Данные для первой точки будут сохранены. На дисплее появится "STEP--2".	V%	V 95°10'20" H _R СГЕР---2 █
Переверните зрительную трубу и снова визируйте ее на начальную точку. Нажмите "V%". Данные для второй точки будут сохранены, и место нуля вертикального круга будет установлено. После нажатия клавиши инструмент подаст звуковой сигнал и вернется в режим обычных измерений.	V%	V 261°12'43" H _R 180°00'00" █

Задание 4.

Измерить два угла наклона на станции 2 на точки 1 и 3, заданные преподавателем.
Порядок измерений:

1. Установить теодолит в рабочее положение и убедиться в его устойчивости, в журнале измерений (табл. 3) записать тип и номер теодолита, номер станции и номера точек наблюдения.
2. При положении круг лево (КЛ) произвести предварительное визирование на первую точку (1).
3. Уточнить положение пузырька уровня.
5. Совместить горизонтальный штрих сетки с целью (точкой 1) и взять отсчет по вертикальному кругу (5°24). Записать отсчет в графу 2 против точки 1.
6. Перевернув трубу через зенит, выполнить аналогичное визирование при круге право (КП) на эту же точку (1). Взять отсчет по вертикальному кругу (174°32) и записать его в графу 3 против точки 1.

Таблица 3. Журнал измерения углов наклона

Станция № 2 Т-30 25070

№ точек наблюдения	Отсчеты по вертикальному кругу			Углы наклона
	КЛ	КП	МО	
1	5°24	174°32	359°58	+5°26
3	10°30	169°28	359°59	+10°31

7. Аналогичные измерения выполнить для другой точки. Результаты измерений записать против точки 3.

8. Для вычисления углов наклона необходимо сначала вычислить значение места нуля вертикального круга (МО).

9. Вычислить углы наклона по двум из трех формул для контроля:

$$1) v = КЛ - МО, \quad 2) v = МО + 180^\circ - КП, \quad 3) v = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2}$$

Значения углов записать в графу 5 журнала против соответствующих точек.

7. Измерение расстояний нитяным дальномером

Задание 5. Измерить расстояние нитяным дальномером.

Измерение проводят в следующем порядке: наводят теодолит на нивелирную рейку так, чтобы труба занимала положение, примерно соответствующее наклону измеряемой линии.

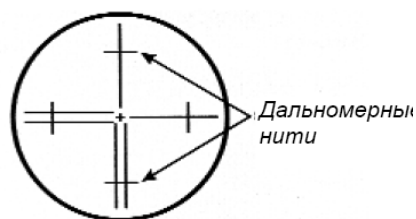
Снимают отсчеты по верхней n_1 и нижней n_2 дальномерным нитям. Расстояние вычисляют по формуле: $D = (n_2 - n_1) \times 100$.

Если $n_1 = 1000$ мм, $n_2 = 1098$ мм, тогда $D = (1098 - 1000) \times 100 = 98 \times 100$ (мм) = 9,8 м. Результаты измерений записываются в табл. 4.

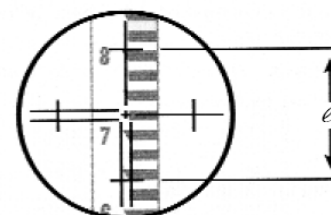
Т а б л и ц а 4. Измерение расстояний нитяным дальномером

Точка стояния	Точка наведения	Отсчеты, мм		$n_2 - n_1$	D, м
		n_1	n_2		
2	3	1000	1098	98	9,8

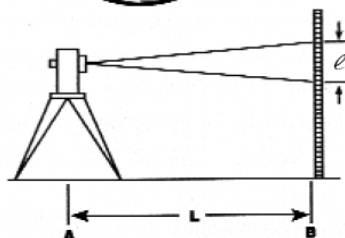
1. Расстояние может быть измерено с помощью дальномерных нитей.



2. Снимите отсчет "e" между дальномерными нитями по рейке.



3. Расстояние до рейки будет равно "e", умноженное на 100. Т. е. расстояние между точками А и В равно $L = 100 \times "e"$



Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить основные части теодолита.
2. Назовите основные оси теодолита.
3. Что значит привести теодолит в рабочее положение?
4. Что представляет собой лимб и алидада?
5. Порядок измерения горизонтального угла полным приемом.
6. Что такое место нуля и как его определить?
7. В какой последовательности измеряется вертикальный угол?

8. Теодолитная съёмка

Теодолитной съёмкой называется комплекс работ по получению контурного плана местности при помощи теодолита и мерных линейных приборов. Теодолитная съёмка является одним из видов горизонтальной съёмки. Она выполняется в масштабах 1:2000 и крупнее на застроенных территориях и предназначена для определения взаимного положения объектов на местности в плане.

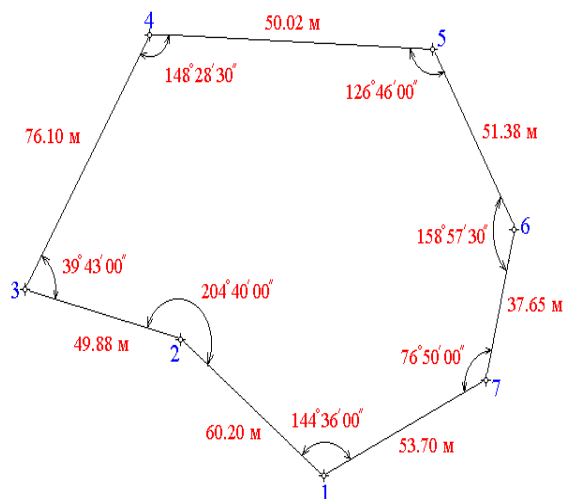


Рис 27. Контурный план местности

Теодолитные ходы. Теодолитным ходом называют ход полигонометрии, выполненный методами, достаточными для обеспечения точности, требуемой в съёмочных сетях.

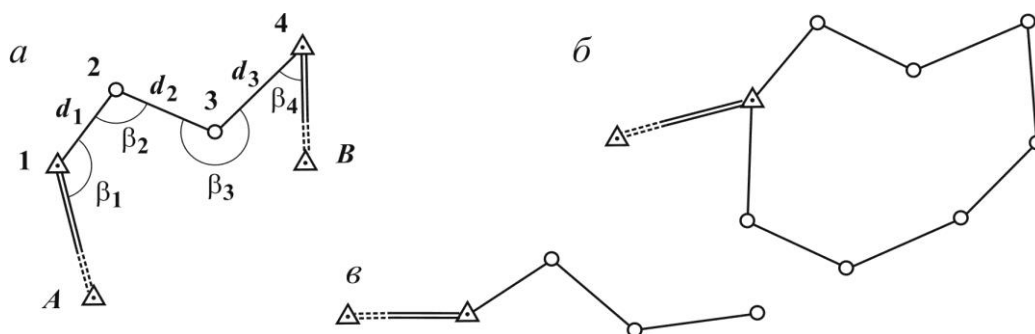


Рис. 28. Схемы теодолитных ходов: *а* – разомкнутого; *б* – замкнутого; *в* – висячего.

По форме теодолитный ход может быть разомкнутым – опирающимся на два исходных пункта и два исходных направления (рис. 28а); замкнутым – опирающимся на один исходный пункт и одно направление (рис. 28б); висячим – разомкнутым ходом, опирающимся на один исходный пункт и одно направление (рис. 28в). Теодолитные ходы могут образовать систему теодолитных ходов с узловыми точками в местах их соединения (см. рис. 19 б). Проект съёмочной сети составляют на топографической карте или плане. Но часто положение ходов выбирают непосредственно на местности в процессе рекогносцировки. Длины ходов, опирающихся на узловые точки, уменьшают на 30%.

Места для точек хода выбирают так, чтобы обеспечить взаимную видимость между ними, благоприятные условия для съёмки окружающей местности, удобства установки геодезических приборов и сохранность точек. Точки ходов закрепляют деревянными кольями, костылями, металлическими трубами и т.п. Часть точек закрепляют знаками долговременной сохранности – столбами, бетонными монолитами.

Углы поворота теодолитного хода измеряют электронным тахеометром или теодолитом. При этом следят, чтобы на всех точках хода **измерялись только правые, или только левые по ходу углы.**

Обработка разомкнутого теодолитного хода.

Исходными данными в разомкнутом ходе (рис. 28а) являются координаты начального и конечного пунктов 1 и 4 ($x_{\text{нач}}, y_{\text{нач}}, x_{\text{кон}}, y_{\text{кон}}$) и дирекционные углы начального А-1 и конечного 4-В направлений ($\alpha_{\text{нач}}$ и $\alpha_{\text{кон}}$).

При обработке вручную записи ведут в ведомость установленной формы (табл. 5). В графу 1 вписывают названия или номера точек. Вписывают исходные данные: в соответствующие строки графы 3 – начальный и конечный дирекционные углы, а в графы 7 и 8 – координаты начального и конечного пунктов (исходные данные в таблице выделены жирным шрифтом). Вписывают результаты измерений: измеренные углы – в графу 2, горизонтальные проложения сторон хода – в графу 4.

Уравнивание углов. Подсчитывают сумму измеренных углов $\sum\beta$. Теоретически эта сумма должна быть равна:

$$\text{для правых углов} - \sum\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + n \cdot 180^\circ;$$

$$\text{для левых углов} - \sum\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{кон}} - \alpha_{\text{нач}} + n \cdot 180^\circ,$$

где n – число измеренных углов. В табл. 5 углы – правые.

Отличие фактической суммы углов от теоретической представляет угловую невязку хода: $f_\beta = \sum\beta - \sum\beta_{\text{теор}}$. (1).

Таблица 5. Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

точки	Измеренные углы	Дирекционные углы	Длины сторон, м	Приращения координат, м		Координаты, м	
				Δx	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8
A		349° 50'					
I	113° 36'	56° 24'	138,56	-0,03	+0,04	6322,70	4057,25
II	85° 07'	151° 17'	116,30	+76,67	+115,42	6399,34	4172,71
III	211° 44'	119° 33'	197,24	-0,03	+0,03	6297,31	4228,62
IV	-1'	243° 00'		-0,04	+0,05	6200,00	4400,26
B							
$\Sigma\beta=466^\circ 51'$		$P=\Sigma d=452,10$		$\Sigma\Delta x=-122,60$	$\Sigma\Delta y=+342,89$		
$\sum\beta_{\text{теор}} = (\alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + n \cdot 180^\circ) =$ $= 349^\circ 50,0' - 243^\circ 00,0' + 4 \cdot 180^\circ -$ $- 360^\circ = 466^\circ 50'$ $f_\beta = \sum\beta - \sum\beta_{\text{теор}} = +1,2'$ $f_{\beta_{\text{доп}}} = 1'\sqrt{n} = 1'\sqrt{4} = 2,0'$				$x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}} = -122,70;$ $y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}} = 343,01;$ $f_x = \sum\Delta x - (x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}}) = -122,60 + 122,70 = +0,10 \text{ м}$ $f_y = \sum\Delta y - (y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}}) = +342,89 - 343,01 = -0,12 \text{ м}$ $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(+0,10)^2 + (-0,12)^2} = 0,16 \text{ м}$ $\frac{f}{P} = \frac{0,16}{452,10} = \frac{1}{2800} < \frac{1}{2000}$			

Вычисленную угловую невязку сравнивают с допустимой: $f_{\beta_{\text{доп}}} = 1' \sqrt{n}$.

Если угловая невязка меньше допустимой, что указывает на доброкачественность угловых измерений и правильность вычислений, то невязку f_{β} распределяют поровну во все измеренные углы со знаком, противоположным знаку невязки. Полученные при этом поправки: $\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}$ вписывают над измеренными углами в графу 2. Невязка редко делится на число углов без остатка. Поэтому поправки округляют, вводя большие в углы с более короткими сторонами. При этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком: $\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta}$.

Вычисление дирекционных углов. Дирекционные углы вычисляют, используя начальный дирекционный угол $\alpha_{\text{нач}}$ и измеренные углы β_i , исправленные поправками δ_{β} , по формулам:

$$\text{для правых углов} - \alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^{\circ} - (\beta_i + \delta_{\beta});$$

$$\text{для левых углов} - \alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^{\circ} + (\beta_i + \delta_{\beta}).$$

Здесь индексы $i = 1, 2, \dots, n$ соответствуют номерам углов и сторон на рис. 6.5 а, причем $\alpha_0 = \alpha_{\text{нач}}$ и $\alpha_n = \alpha_{\text{кон}}$.

Контролем правильности вычислений служит равенство вычисленного и заданного значений конечного дирекционного угла.

Вычисление приращений координат выполняют по дирекционным углам и длинам сторон хода (графы 5 и 6).

$$\Delta x_i = d_i \cos \alpha_i; \quad \Delta y_i = d_i \sin \alpha_i \quad (i = 1, 2, \dots, n-1).$$

Вычислив суммы приращения абсцисс $\sum \Delta x$ и ординат $\sum \Delta y$, находят координатные невязки

$$f_x = \sum \Delta x - (x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}}), \quad f_y = \sum \Delta y - (y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}}). \quad (3)$$

Вычисляют абсолютную невязку $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ и относительную невязку хода f/P , где $P = \sum d$ – длина хода. Если относительная невязка не превосходит допустимой (обычно, 1/2000), то невязки f_x и f_y распределяют (см. записи курсивом в графах 5 и 6), в виде поправок к приращениям координат, пропорциональных длинам сторон, и со знаками, противоположными знакам невязок:

$$\delta x_i = -\frac{f_x}{P} d_i; \quad \delta y_i = -\frac{f_y}{P} d_i. \quad (4)$$

Суммы поправок должны равняться невязкам с обратным знаком:

$$\sum \delta x = -f_x; \quad \sum \delta y = -f_y.$$

Если из-за выполненных округлений равенства нарушаются, поправки, вычисленные по формулам (6.4), несколько изменяют, добиваясь соблюдения равенств.

Вычисление координат точек теодолитного хода выполняют по формулам (см. графы 7 и 8)

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i + \delta x_i; \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y_i + \delta y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n-1).$$

Контролем правильности вычислений служит совпадение вычисленных и заданных координат последней точки теодолитного хода.

Обработка замкнутого теодолитного хода.

Последовательность обработки замкнутого хода такая же как и разомкнутого. Но исходными в замкнутом теодолитном ходе служат координаты одного из пунктов хода и дирекционный угол одной из сторон. Это накладывает на обработку замкнутого хода следующие особенности.

Угловая невязка вычисляется по формуле, в которой в отличие от разомкнутого хода

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2),$$

где n – число углов в полигоне.

После распределения угловой невязки и вычисления дирекционных углов сторон хода контролируют правильность вычислений – в конце должно быть получено то же значение дирекционного угла, которое было исходным.

Невязки в координатах находят по формулам: $f_x = \sum \Delta x$, $f_y = \sum \Delta y$.

Эти соотношения следуют из формул (3), где в данном случае $x_{\text{нач}} = x_{\text{кон}}$, $y_{\text{нач}} = y_{\text{кон}}$. Распределив невязки f_x и f_y и вычислив координаты точек хода, контролируют правильность вычислений – вычисленные в конце координаты начальной точки хода должны равняться исходным.

Определение координат засечками

Засечкой называется метод определения координат отдельной точки измерением элементов, связывающих ее положение с исходными пунктами.

Для определения планового положения точки необходимо измерить два элемента. Для контроля, кроме необходимых, выполняют избыточные измерения. Засечки различают прямые, обратные и комбинированные. В прямой засечке измерения выполняют на исходных пунктах (рис. 29 а, з); в обратной – на определяемом пункте (рис. 29 б, д); в комбинированной – на исходных и определяемом пунктах (рис. 29 в). В зависимости от вида измерений засечки бывают угловые (рис. 29 а, б, в), линейные (рис. 29 з), линейно-угловые (рис. 29 д). Измеренные углы на рис. 20 отмечены дугами, измеренные расстояния – двумя штрихами.

Рассмотрим вычисление координат в некоторых засечках.

Прямая угловая засечка. На исходных пунктах A и B с координатами x_A, y_A, x_B, y_B (рис. 6.6 а) измеряют углы β_1 и β_2 . При обработке измерений сначала вычисляют дирекционные углы направлений AP и BP :

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_1; \quad \alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_2.$$

Дирекционные углы с координатами связаны формулами обратной геодезической задачи

$$\text{tg} \alpha_{AP} = \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A}; \quad \text{tg} \alpha_{BP} = \frac{y_P - y_B}{x_P - x_B}.$$

Решая эти уравнения относительно x_P и y_P , получим формулы, по которым вычисляют координаты определяемой точки P (формулы Гаусса):

$$x_P = \frac{x_A \text{tg} \alpha_{AP} - x_B \text{tg} \alpha_{BP} + y_B - y_A}{\text{tg} \alpha_{AP} - \text{tg} \alpha_{BP}}; \quad (5)$$

$$y_P = y_A + (x_P - x_A) \text{tg} \alpha_{AP}.$$

Для контроля ординату y_P вычисляют вторично по формуле:

$$y_P = y_B + (x_P - x_B) \text{tg} \alpha_{BP}.$$

Для контроля аналогичные измерения и вычисления выполняют, опираясь на другую исходную сторону BC . За окончательные значения координат определяемой точки принимают средние.

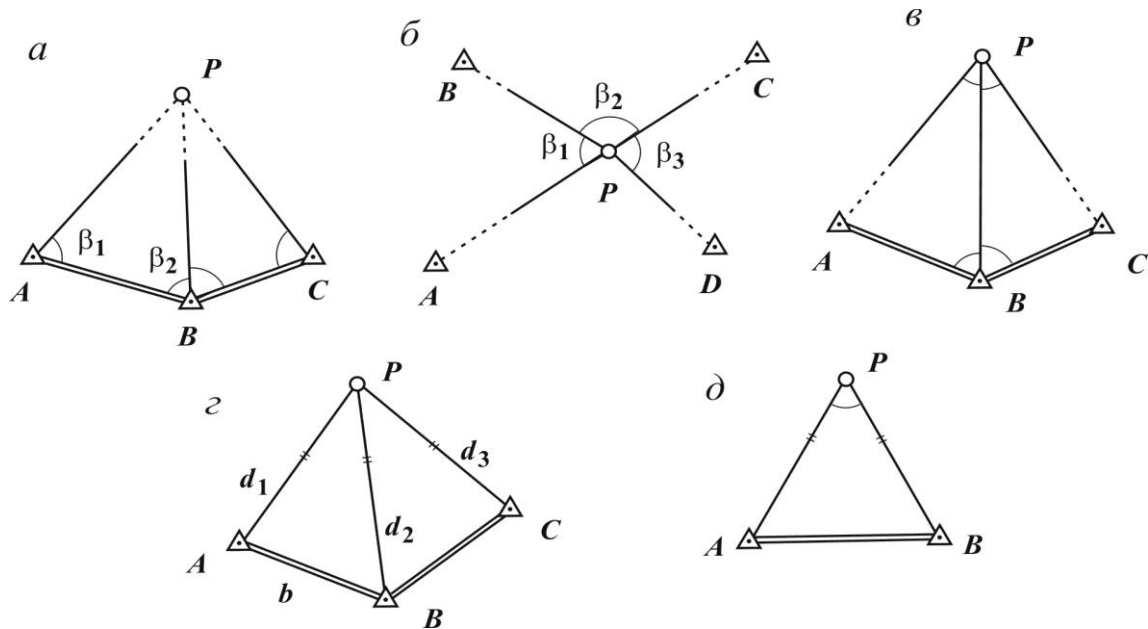


Рис. 29. Схемы засечек: а – прямая угловая; б – обратная угловая; в – комбинированная угловая; г – линейная; д – линейно-угловая

Обратная угловая засечка. На определяемой точке P (рис. 20 б) измеряют углы β_1 и β_2 между направлениями на исходные пункты A , B и C . При этом исходные пункты выбирают такие, чтобы они с точкой P не оказались на одной окружности или вблизи нее. Координаты точки P вычисляют по формулам Гаусса, предварительно вычислив дирекционные углы:

$$\operatorname{tg}\alpha_{BP} = \frac{y_A \operatorname{ctg}\beta_1 - y_B (\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2) + y_C \operatorname{ctg}\beta_2 + x_A - x_C}{x_A \operatorname{ctg}\beta_1 - x_B (\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2) + x_C \operatorname{ctg}\beta_2 - y_A + y_C}; \quad \alpha_{AP} = \alpha_{BP} - \beta_1.$$

Для контроля измеряют избыточный угол β_3 и вычисляют координаты, используя другую пару измеренных углов.

Линейная засечка. Для определения координат точки P (рис. 20 г) измеряют расстояния d_1, d_2 . По формуле косинусов (6.1) находят углы треугольника APB . Вычисляют дирекционный угол $\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \angle A$, а затем по формулам прямой геодезической задачи – искомые координаты: $x_P = x_A + d_1 \cos \alpha_{AP}$; $y_P = y_A + d_1 \sin \alpha_{AP}$.

Для контроля измеряют избыточное расстояние d_3 и вычисляют координаты из другого треугольника BPC .

Задание 6.

По разомкнутому ходу в поле измерены правые углы (см. табл.6 и рис.30). Определите: Дирекционные углы и румбы сторон диагонального хода (записать в таблицу 3). Дирекционные углы сторон равны $0^\circ 00'$

По прямым румбам вычертите на миллиметровке в масштабе 1:1000 схему диагонального хода, приняв длину сторон: $l_1 = 95,00$ м; $l_2 = 62,00$ м; $l_3 = 87,00$ м;

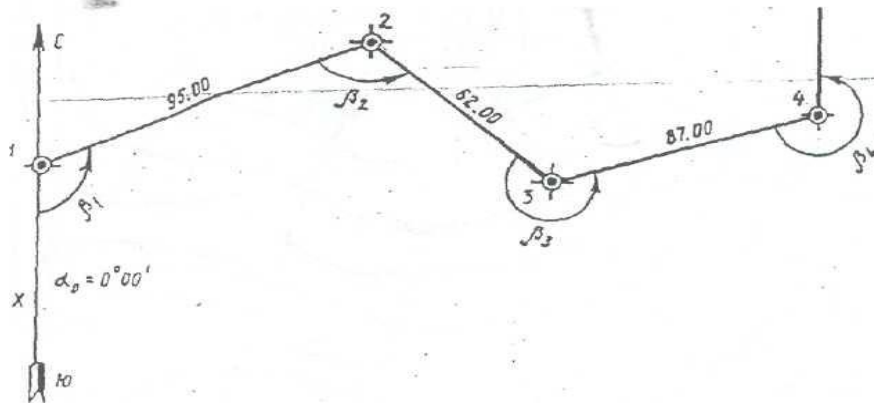


Рис.30. Принципиальная схема диагонального хода

Таблица 5

№№ задач	Правые углы по диагональному ходу			
	1	2	3	4
1	267 ⁰ 17'	258 ⁰ 34'	138 ⁰ 16'	55 ⁰ 55'
2	251 ⁰ 16'	237 ⁰ 06'	173 ⁰ 25'	58 ⁰ 15'
3	318 ⁰ 42'	98 ⁰ 53'	206 ⁰ 14'	42 ⁰ 13'
4	311 ⁰ 31'	105 ⁰ 49'	254 ⁰ 03'	48 ⁰ 35'
5	306 ⁰ 30'	118 ⁰ 38'	243 ⁰ 57'	50 ⁰ 53'
6	315 ⁰ 19'	112 ⁰ 274'	235 ⁰ 46'	56 ⁰ 30'
7	309 ⁰ 18'	156 ⁰ 16'	205 ⁰ 35'	48 ⁰ 53'
8	303 ⁰ 07'	145 ⁰ 05'	212 ⁰ 24'	59 ⁰ 26'
9	292 ⁰ 56'	135 ⁰ 51'	201 ⁰ 13'	90 ⁰ 02'
10	281 ⁰ 45'	124 ⁰ 49'	190 ⁰ 02'	123 ⁰ 24'
11	265 ⁰ 34'	233 ⁰ 38'	146 ⁰ 53'	73 ⁰ 53'
12	259 ⁰ 23'	248 ⁰ 27'	155 ⁰ 42'	56 ⁰ 30'
13	248 ⁰ 12'	251 ⁰ 16'	168 ⁰ 31'	52 ⁰ 03'
14	157 ⁰ 01'	130 ⁰ 54'	247 ⁰ 02'	185 ⁰ 015'
15	146 ⁰ 57'	145 ⁰ 49'	236 ⁰ 56'	190 ⁰ 20'
16	135 ⁰ 46'	151 ⁰ 38'	212 ⁰ 45'	219 ⁰ 51'
17	124 ⁰ 35'	158 ⁰ 27'	204 ⁰ 34'	232 ⁰ 26'
18	113 ⁰ 24'	165 ⁰ 16'	195 ⁰ 23'	245 ⁰ 55'
19	101 ⁰ 12'	171 ⁰ 05'	190 ⁰ 12'	257 ⁰ 33'
20	94 ⁰ 08'	261 ⁰ 55'	108 ⁰ 41'	255 ⁰ 14'
21	86 ⁰ 28'	245 ⁰ 44'	133 ⁰ 39'	254 ⁰ 07'
22	73 ⁰ 41'	238 ⁰ 33'	142 ⁰ 28'	265 ⁰ 20'
23	68 ⁰ 34'	215 ⁰ 22'	176 ⁰ 17'	259 ⁰ 45'
24	55 ⁰ 25'	205 ⁰ 127'	214 ⁰ 06'	245 ⁰ 15'
25	45 ⁰ 38'	190 ⁰ 01'	223 ⁰ 17'	261 ⁰ 06'

Задание 7

Вычислите координаты точек 2 и 3 диагонального хода (рис.21) при условии, что координаты точки 1 равны: $X_1=0,00$; $Y_1=0,00$. а координаты точки 4 заданы (табл.7). Исходный дирекционный угол стороны X - I и правые углы по диагональному ходу, а также длину линий принять по исходным данным к заданию 6 (табл.5, рис.21). Вычисление произведите в типовой ведомости для вычисления координат вершин полигона, вычертите ее в тетради. Вычертите на миллиметровке в масштабе 1:1000 план теодолитной съемки по вычисленным координатам. Сравните планы, построенные по дирекционным углам (румбам) и по координатам.

Таблица 5

№№ задач	Координаты точки 4		№№ задач	Координаты точки 4	
	X ₄	Y ₄		X ₄	Y ₄
1	-104,40	-182,06	14	+193,15	+103,73
2	-53,80	-212,51	15	+189,21	+124,52
3	-102,59	-173,45	16	+153,39	+181,15
4	-87,02	-188,59	17	+120,97	+207,52
5	-85,28	-200,14	18	+82,51	+227,91
6	-92,14	-196,71	19	+39,71	+240,07
7	-134,03	-198,74	20	+90,83	+183,15
8	-94,24	-216,40	21	+72,72	+207,42
9	-14,58	-232,28	22	+22,11	+223,77
10	+71,17	-210,65	23	-4,35	+234,21
11	-63,68	-218,82	24	-27,65	+218,41
12	-83,03	-198,89	25	-87,88	+205,01
13	-65,38	-197,05			

Схема взаимосвязи дирекционных углов и румбов					
Четверть		Интервал изменения дирекционного угла, град.	Формула перевода	Знаки приращений координат	
номер	название			ΔX	ΔY
I	СВ	0-90	$r_I = \alpha$	+	+
II	ЮВ	90-180	$r_{II} = 180^\circ - \alpha$	-	+
III	ЮЗ	180-270	$r_{III} = \alpha - 180^\circ$	-	-
IV	СЗ	270-360	$r_{IV} = 360^\circ - \alpha$	+	-

Основным документом при составлении плана является абрис (см. рис 31)

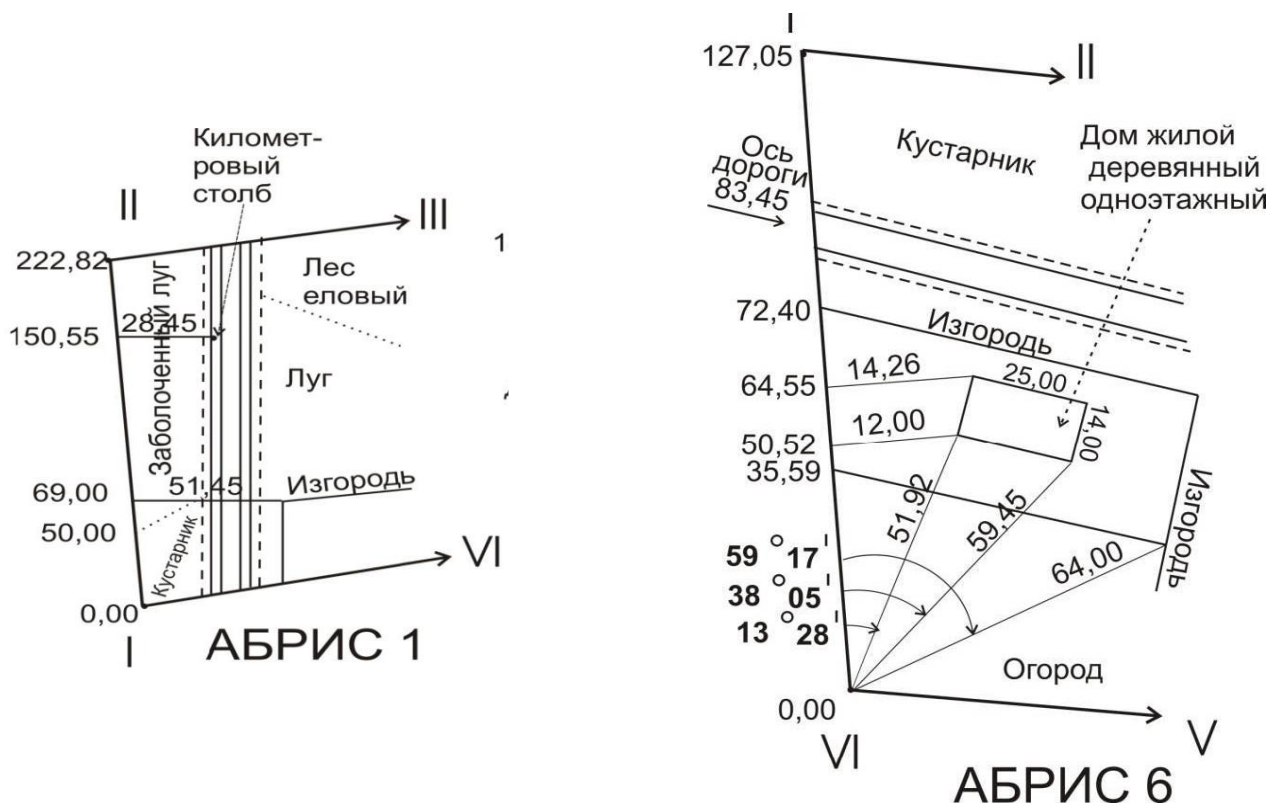


Рис. 31.

Ольга Николаевна Дёмина

Учебное пособие
по теме:
**Устройство теодолита.
Теодолитная съёмка.**

2-е изд. доп. и перераб.

Компьютерная вёрстка: Дёмина О.Н.

Подписано к печати. 16.09.15 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,86, Тираж 10 экз. Изд. №14905пек

Издательство Брянский государственный аграрный университет
243365 Брянская обл., Выгоничский район., с.Кокино,
ФГОУ ВО «Брянский ГАУ».