

## СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ № 8

ЛЕКЦИЯ № 8 .....	61
8. ТЕОДОЛИТ. ЕГО УСТРОЙСТВО. ПОВЕРКИ. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ.....	61
8.1. ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА.	
ТЕОДОЛИТ. ....	61
8.2. ОТСЧЕТНЫЕ УСТРОЙСТВА.....	63
8.3. УРОВНИ.....	66
8.4. ЗРИТЕЛЬНЫЕ ТРУБЫ.....	67
8.5. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА .....	69
8.6. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ.....	72
8.7. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ .....	74
ПЕРДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	78



Следовательно, горизонтальный угол  $\beta$  - это линейный угол, являющийся мерой двугранного угла, образованного вертикальными плоскостями  $A'aB'b$  и  $C'cB'b$ , проходящими соответственно через стороны  $BA$  и  $BC$  данного угла. Мерой того же двугранного угла будет являться любой другой линейный угол, например  $a'b'c'$ , вершина которого находится на ребре  $B'B$ , а стороны в горизонтальной плоскости. Поэтому, горизонтальный угол  $\beta$  можно измерить с помощью круга, разделенного на градусы и доли градуса, плоскость которого горизонтальна, а центр совмещен с ребром  $B'B$  двугранного угла. Если деления на круге подписаны по ходу часовой стрелки, то угол  $\beta$  можно определять как разность отсчетов по кругу в точках  $a'$  и  $c'$ , т.е.  $\beta = a' - c'$ . Такой круг называется угломерным кругом. Круговая шкала, нанесенная на этот круг, называется лимбом. Для того, чтобы отметить на лимбе точки  $a'$  и  $c'$  необходимо иметь вертикальную плоскость, вращающуюся в центре лимба вокруг вертикальной оси  $b'B'$ . Такая плоскость называется визирной плоскостью и осуществляется с помощью зрительной трубы. Зрительная труба соединяется с кругом, который вращается в плоскости лимба, вокруг оси  $b'B'$ . Этот круг называется алидадой. На алидаде имеется отсчетное устройство. Для приведения плоскости лимба в горизонтальное положение служат три подъемных винта и уровень. Закрепление вращающихся частей - лимба, алидады и трубы - производится с помощью закрепительных винтов. Точная наводка трубы на предмет выполняется наводящими винтами, для измерения вертикальных углов служит вертикальный круг, расположенный сбоку от трубы. Прибор, используемый для измерения горизонтальных и вертикальных углов, называется теодолитом. При измерении углов теодолит с помощью станкового винта прикрепляется к штативу, представляющему собой треногу с металлической головкой.

Для центрирования теодолита, т.е. для установки центра лимба над вершиной измеряемого угла, служит отвес. Различают теодолиты с металлическими и стеклянными угломерными кругами. К теодолитам с металлическими

угломерными кругами относятся, например, теодолиты ТТ-50, ТТ-5 и др. В настоящее время прекращен выпуск теодолитов с металлическими угломерными кругами.

Теодолиты со стеклянными угломерными кругами называются оптическими. Особенностью этих теодолитов является наличие оптической системы, передающей изображение делений лимба и отсчетных устройств микроскопа, расположенного рядом с окуляром зрительной трубы.

Теодолиты выпускаются следующих типов: высокоточные -Т1, точные - Т2, Т5 и технические Т15, ТЗО. Число, входящее в шифр теодолита, показывает точность измерения угла данным теодолитом в секундах. На рис.8.2 изображена принципиальная схема теодолита ТЗО, где:

1 – лимб;

2 -алидада;

3 - колонки;

4 - оптический визир;

5 - вертикальный круг;

6 – зрительная труба;

7 – цилиндрический уровень;

8 - подстака;

9 – подъёмные винты;

10 – становой винт;

$HH_I$ -ось вращения зрительной трубы;

$V_I$ - визирная ось;

$J_I$ - ось вращения.

## 8.2. ОТСЧЕТНЫЕ УСТРОЙСТВА.

При измерении углов теодолитом производятся отсчеты по лимбу. Оцифровка делений шкалы лимба выполняется по ходу часовой стрелки через  $10^\circ$  или  $5^\circ$  у теодолитов с металлическими кругами и через  $1^\circ$  у оптических

теодолитов. Угловая величина дуги, соответствующая одному делению шкалы лимба, называется ценой деления лимба. Для оценки долей деления лимба при производстве отсчетов служат отсчетные устройства. В теодолитах с металлическим угломерным кругом в качестве отсчетного устройства служит верньер (нониус). При построении верньера берут дугу лимба, равную  $n$  делений, переносят ее на алидаду и делят на  $n \pm 1$  делений (рис.8.3. а). Полученная на алидаде шкала и является верньером. Обозначим через  $\lambda$  цену деления лимба, через  $\mu$  - цену деления алидады. Разность  $t = \lambda - \mu$  называется точностью верньера и обозначается буквой  $t$ .

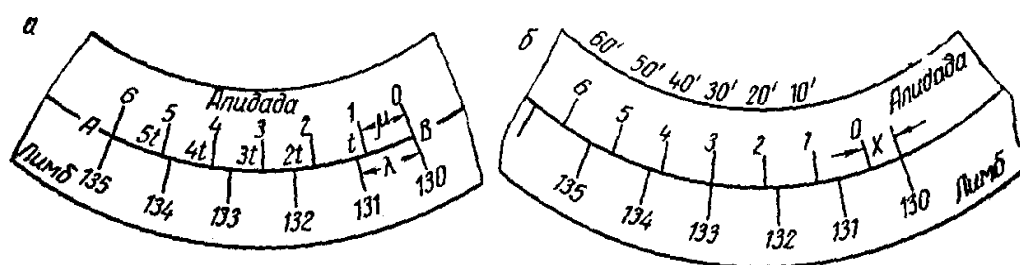


Рис.8.3 а, б

Из построения верньера следует, что

$$\lambda_n = (n+1) \mu \quad 8.1$$

откуда

$$\mu = \frac{\lambda n}{(n+1)}, \quad 8.2$$

и, следовательно,

$$t = \lambda - \mu = \frac{\lambda n}{n+1} = \frac{\lambda(n+1) - \lambda n}{n+1}, \quad 8.3$$

или

$$t = \frac{\lambda}{n+1}. \quad 8.4$$

т.е. точность верньера равна цене деления лимба, деленной на число делений верньера.

Чтобы произвести отсчет по лимбу, сначала отсчитывают число целых делений лимба до нулевого штриха верньера. Затем, умножив точность верньера на порядковый номер штриха верньера, совпадающего с каким-либо штри-

хом лимба. Обычно на верньере вместо порядковых номеров штрихов подписывают произведения этих номеров на точность верньера. На рис. 8.3 б цена деления лимба  $\lambda = 1^\circ$ , а число делений алидады  $n+1=6$ . Отсюда получим

$$t = \frac{60'}{6} = 10'.$$

Далее, так как нулевой штрих алидады на рис.8.3, а совмещен точно со штрихом 130 (отсчет равен  $130^\circ 00'$ ), то очевидно первый штрих алидады не дошел до 131-го штриха лимба на величину  $t$ , т.е.  $10'$ , второй штрих алидады не дошел до 132-го на величину  $2t$ , т.е.  $20'$ , и т.д. Полученный отсчет на рис. 8.3., б будет равен  $130^\circ 30'$ . Для исключения влияния эксцентриситета алидады, т.е. несовпадения центра алидады с центром лимба, теодолиты снабжаются двумя верньерами, расположенными на противоположных концах диаметра алидады. Среднее из отсчетов по двум верньерам будет свободно от влияния эксцентриситета. В оптических теодолитах для отсчитывания по лимбу применяют микроскопы штриховые и шкаловые.

На рис.8.4 показано поле зрения шкалового микроскопа теодолита Т5,

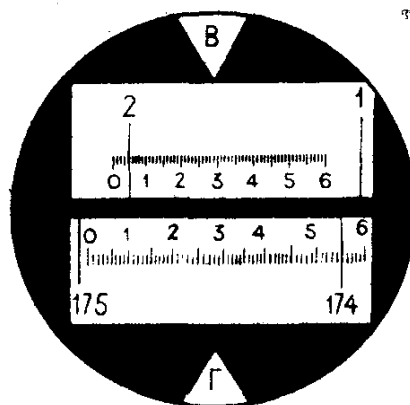


Рис.8.4

имеющего две шкалы: для вертикального и горизонтального измерительных кругов, каждая из которых разделена на 60 частей.

Поскольку цена деления лимба  $1^\circ$ , одно деления шкалы соответствует  $1'$ . Доли делений берутся на глаз с точностью до  $0,1'$ . Отсчет по вертикальному кругу составляет  $2^\circ 05,2'$  по горизонтальному  $174^\circ 55,0'$

### 8.3. УРОВНИ

В геодезических приборах применяются уровни двух типов: цилиндрические и круглые.

Цилиндрический уровень (рис. 8.5) состоит из стеклянной трубки, отшлифованной таким образом, что в продольном разрезе ее внутренняя поверхность представляет собой дугу определенного радиуса. Стеклянная трубка уровня, запаянная с одного конца, заполняется спиртом этиловым (серным), эфиром или спиртомректификатом, подогревается и запаивается с другого конца.

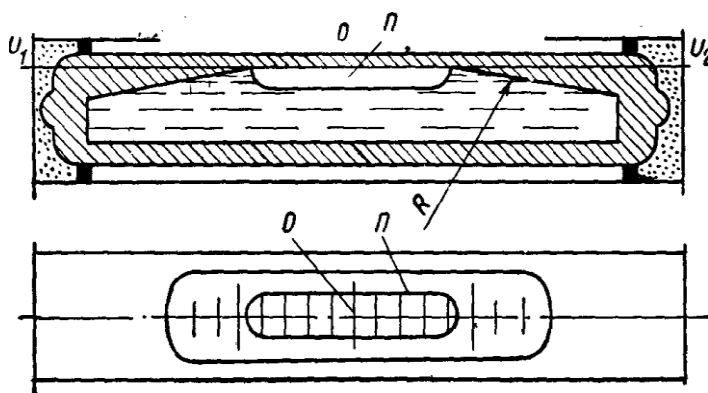


Рис.8.5

После охлаждения жидкость сжимается и образуется небольшое пространство  $\Pi$ , называемое пузырьком уровня. Трубка уровня заключена в оправу, снабженную одним или двумя исправительными винтами. На верхней части трубки нанесена шкала делений. Точка  $O$ , расположенная на середине трубки, называется нульпунктом уровня. Прямая  $U_1U_2$  (рис. 8.5), касательная к внутренней поверхности уровня в его нульпункте, называется осью уровня. Пузырек уровня всегда стремится занять наивысшее положение в трубке, поэтому очевидно, что когда концы пузырька расположены симметрично относительно нульпункта, ось уровня займет горизонтальное положение. Деления на шкале уровня обычно наносятся через 2 мм. Центральный угол  $\tau$ , опирающийся на дугу, равную одному делению шкалы, называется ценой деления уровня. Цена деления уровня зависит от радиуса  $R$  дуги уровня. Чем больше

радиус, тем меньше цена деления уровня и тем он чувствительнее. В современных теодолитах применяются цилиндрические уровни с ценой деления от 10" до 60" в зависимости от точности прибора.

Круглый уровень (рас.8.6 а, б) представляет собой стеклянную ампулу 1 с отшлифованной внутренней сферической поверхностью определенного радиуса. Ампула помещена в металлическую оправу 2. Снаружи на поверхности ампулы нанесены штрихи в виде концентрических окружностей.

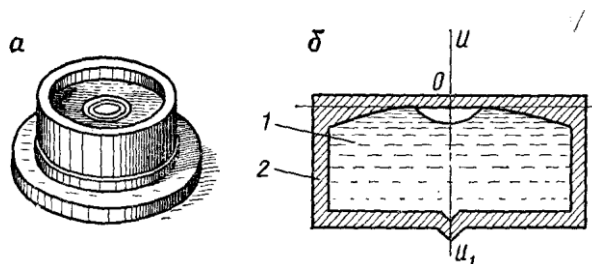


Рис.8.6 Круглый уровень а –общий вид, б- устройство.

Центральная точка  $O$  этих окружностей является нульпунктом. За ось круглого уровня  $UU_1$  принимает прямую, проходящую через нульпункт, перпендикулярно плоскости, касательной к внутренней поверхности уровня в его нульпункте. Чувствительность круглого уровня заметно ниже, чем у цилиндрического. Круглый уровень имеет, как правило, небольшую чувствительность (цена деления порядка 3' - 5') и применяется там, где не требуется большой точности, а также для предварительной установки прибора.

#### 8.4. ЗРИТЕЛЬНЫЕ ТРУБЫ

В геодезических приборах для визирования на наблюдаемые объекты используются зрительные трубы с внутренней фокусировкой (рис.8.7, а), имеющие сплошной объектив 1, перемещающаяся рассеивающая 2 которого обеспечивает получение резкого изображения предметов. В переднем фокусе окуляра 5 располагается диафрагма 4, имеющая сетку нитей (рис.8.7, б). Перемещение рассеивающей линзы осуществляется с помощью кремальеры 3. линза.



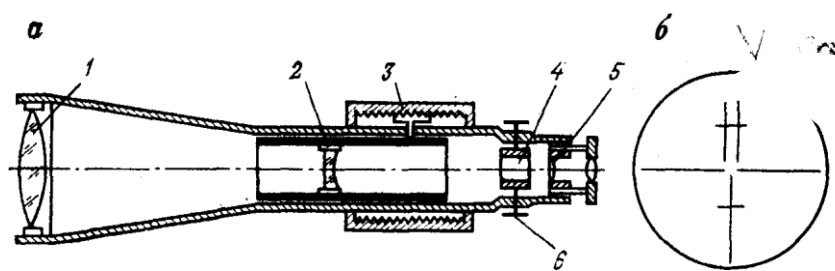


Рис.8.7 а, б

Сеточная диафрагма снабжена четырьмя исправительными винтами, позволяющими перемещать сетку нитей в своей плоскости. Прямая, соединяющая перекрестие сетки нитей с оптическим центром объектива, называется визирной осью трубы.

Увеличением трубы  $V$  называется отношение угла  $\beta$ , под которым изображение предмета  $A'B'$  видно в трубу, к углу  $\alpha$ , предмет  $AB$  виден невооруженным глазом (рис.8.8 а), т.е.

$$V = \frac{\beta}{\alpha}; \quad 8.5$$

Увеличение трубы теодолита ТЗО равно  $20^x$ , теодолита Т15 -  $25^x$ . От увеличения трубы зависят поле зрения трубы и точность визирования.

Поле зрения трубы называется пространство, видимое в трубу при неподвижном ее положении. Поле зрения определяется углом  $\varphi$  (рис. 8.8, б), вершина которого находится в оптическом центре объектива, а стороны опираются на диаметр сеточной диафрагмы. Величина угла определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{38'2}{V} \quad 8.6$$

где  $V$  - увеличение трубы. Из формулы следует, что чем больше увеличение трубы, тем меньше поле зрения, и наоборот.

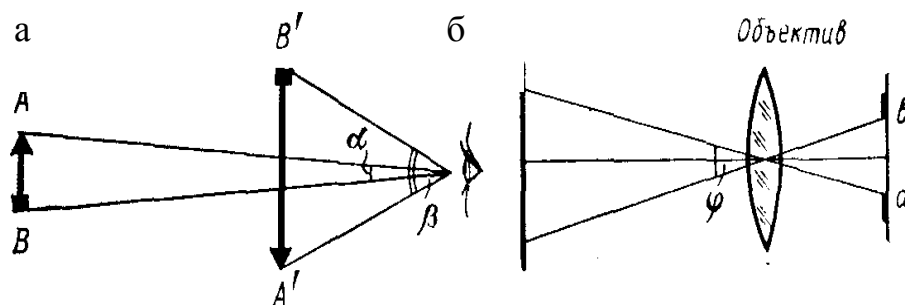


Рис.8.8. а, б,

Зная увеличение трубы, можно определить точность визирования. Принимая точность визирования невооруженным глазом равной 60", получим среднюю квадратическую ошибку визирования зрительной трубой, равную:

$$m_{\text{виз.}} = \frac{60''}{v}; \quad 8.7$$

Установка трубы для наблюдения складывается из установки ее по глазу и по предмету. Остановка трубы по глазу заключается в получении резкого изображения сетки нитей. Для этого трубу направляют на какой-либо светлый фон и перемещают диоптрийное кольцо до тех пор, пока нити сетки не будут резко очерченными. Установка трубы по предмету заключается в получении резкого изображения наблюдаемого предмета, для этого производятся фокусирование трубы или совмещение изображения предмета, даваемого объективом, с плоскостью сетки нитей. По характеру фокусирования различают трубы с внешней и внутренней фокусировкой.

При недостаточно тщательной фокусировке трубы изображение предмета не будет совпадать с плоскостью сетки нитей, что вызовет кажущееся перемещение предмета относительно сетки нитей при изменении положения глаза наблюдателя перед окуляром. Такое явление называется параллаксом сетки нитей. Параллакс должен быть устранен дополнительным вращением кремальеры.

## 8.5. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА

Поверки теодолита заключаются в установлении правильности выполнения ряда геометрических условий, предъявляемых к прибору. При обнаружении невыполнения каких-либо условий производят исправление, называемое юстировкой.

Теодолит должен удовлетворять следующим геометрическим условиям:

1. Ось уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Устанавливают уровень параллельно линии, соединяющей два подъемных винта и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня на середину трубки. Замечают отсчет по лимбу и поворачивают алидаду на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня после этого остался на середине, то поверочное условие считается выполненным. При отклонении пузырька уровня от середины более чем на одно деление, исправительными винтами уровня смещают пузырек к середине на половину дуги отклонения. Для контроля поверку выполняют аналогично.

Перед выполнением следующих проверок приводят вертикальную ось теодолита в отвесное положение. Для этого уровень ставят параллельно двум подъемным винтам и с их помощью приводят пузырек уровня на середину. Поворачивают алидаду на  $90^\circ$  и третьим подъемным винтом вновь приводят пузырек уровня в нульпункт. Если на алидаде горизонтального круга имеются два уровня, расположенные под прямым углом друг к другу, поворот алидады на  $90^\circ$  не производят, а выводят пузырек второго уровня на середину третьим подъемным винтом. После этого при любом положении алидады пузырек уровня не должен отклоняться от середины более чем на одно деление.

2. Одна из нитей сетки должна быть вертикальна, другая – горизонтальна.

Приводят ось теодолита в отвесное положение и в 5-6 м от него подвешивают отвес. Вертикальную ось сетки наводят на нить отвеса. Если нить сетки точно совпала с нитью отвеса - условие выполнено. В противном случае необходимо ослабить винты, скрепляющие окуляр вместе с сеткой нитей.

Для проверки горизонтальной нити наводят эту нить на хорошо видимую точку местности. При перемещении трубы в горизонтальной плоскости изображение точки не должно сходиться с нитью.

3. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.

Угол отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы (рис.8.9) называется коллимационной ошибкой. Для выявления коллимационной ошибки выбирают удаленную хорошо видимую точку, расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна. Наводят трубу на эту точку при положении вертикального круга справа от трубы и берут отсчет по горизонтальному кругу (*КП*). Переведя трубу через зенит, т.е. повернув трубу на 180° в вертикальной плоскости, наводят ее на ту же точку и снова берут отсчет (*КЛ*). Величина коллимационной ошибки найдется как:

$$C = \frac{KP - KL \pm 180^0}{2}; \quad 8.8$$

Если величина ошибки будет превышать удвоенную точность прибора, вычисляют среднее из минут, полученных при *КП* и *КЛ* и устанавливают средний отсчет с помощью наводящего винта алидады. При этом произойдет смещение перекрестки сетки нитей относительно изображения наблюдаемого объекта. Ослабив предварительно вертикальные винты сетки нитей (рис.8.9) боковыми винтами передвигают сетку до точного совмещения перекрестия с изображением предмета. Для контроля поверку повторяют.

При поверках оптических теодолитов с односторонним отсчитыванием (ТЗО, Т15 и др.) для исключения влияния эксцентриситета определение коллимационной ошибки делается дважды с поворотом лимба после первого определения на 180°. Величину коллимационной ошибки в этом случае вычисляют по формуле:

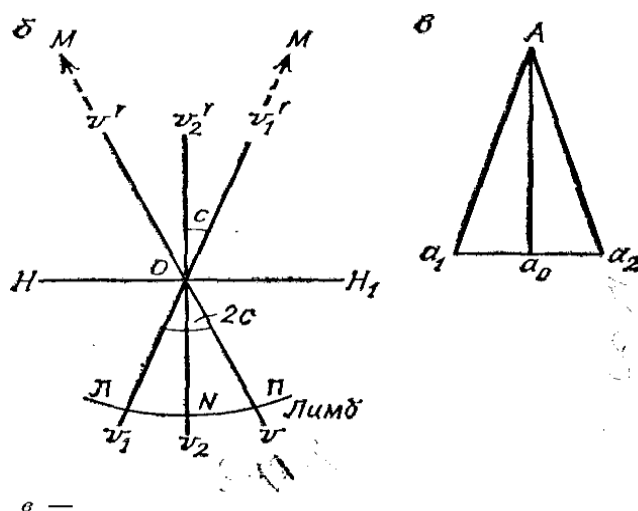
$$C = \frac{(KP_1 - KL_1 \pm 180^0) + (KP_2 - KL_2 \pm 180^0)}{4}; \quad 8.10$$

4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Наводят трубу на высоко расположенную точку  $A$ , находящуюся на стене какого-либо здания. Наклоняют трубу до примерно горизонтального положения и отмечают на стене точку  $m_1$ , в которую проектируется перекрестие сетки нитей (рис.8.9 б). Повернув трубу через зенит, повторяют то же действие при другом положении вертикального круга.

Рис. 8.9, а, б.

Если при этом проекция точки  $A$  попала, в ту же точку  $a_0$ , то условие выполнено. Если проекция  $a_1$  и  $a_2$  не совпали, то условие нарушено, что объясняется неравенством подставок трубы. В современных теодолитах соблюдение рассматриваемого условия гарантируется заводом, если же оно нарушается, то исправление необходимо выполнять в специальной мастерской на заводе.



## 8.6. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

Измерению горизонтального угла предшествует установка теодолита в рабочее положение, которое складывается из следующих действий:

- а) центрирование теодолита;
- б) приведение плоскости лимба в горизонтальное положение;
- в) установка трубы для наблюдений.

Центрирование теодолита заключается в установлении центра лимба

над вершиной измеряемого угла. Выполняется центрирование при помощи нитяного отвеса или, при точных работах оптического центрира. Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение или вертикальной оси прибора в отвесное положение выполняется с помощью подъемных винтов при подставке и фиксируется по уровню, расположенному на алидаде горизонтального круга. Установка трубы для наблюдений складывается из установки трубы по глазу и по предмету.

Измерение горизонтального угла теодолитом может быть выполнено различными способами: способом приемов (рис. 8.10 а), способом повторений (рис. 8.10 б) и др. При инженерных работах наиболее распространенным является способ приемов. Для измерения угла  $BOA$  этим способом приводят теодолит в рабочее положение и, закрепив лимб, вращением алидады наводят зрительную трубу на правую точку  $A$  (рис. 8.10 а). Взяв отсчет по горизонтальному кругу ( $a_1$ ), снова вращением алидады наводят на левую  $B$  точку и берут отсчет ( $a_2$ ). Величина измеряемого угла:

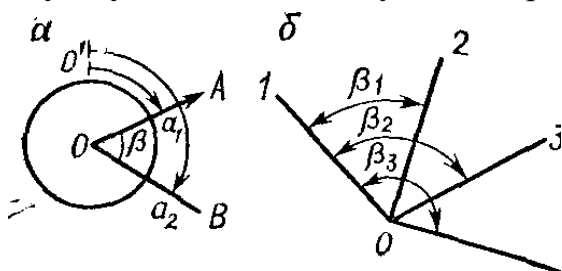
$$\beta = a_2 - a_1; \quad 8.11$$

Выполненные действия составляют один полуприем. Для контроля и

Рис. 8.10 а,б.

ослабления инструментальных погрешностей измеряют угол вторым полуприемом.

Для этого переводят трубу через зенит, изменяют положение лимба примерно на  $90^\circ$ , закрепляют лимб и, открепив алидаду, наводят трубу соответственно на точки  $A$  и  $C$ . Выполненные два полуприема составляют один прием. Из результатов измерений угла в полуприемах берут среднее значение, если расхождение между двумя значениями угла не превышает двойной точности отсчетного устройства.



ности отсчетного устройства.

На точность измерений горизонтальных углов, кроме ошибки отсчитывания, могут влиять ошибки визирования, ошибки центрирования прибора, ошибки установления вех, на которые производится визирование при измерении угла. Ошибка визирования в современных теодолитах незначительна. Так для теодолита ТЗО с увеличением трубы  $V = 20^\circ$ , ошибка визирования, в соответствии с формулой из 8.7. будет равна  $3''$ . Ошибки центрирования сильнее сказываются при измерения углов, близких к  $180^\circ$  и углов, составленных короткими сторонами. Для уменьшения влияния наклона вех, установленных в конечных точках сторон измеряемого угла, визирование необходимо производить на нижнюю часть вехи.

### 8.7. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ

Измерение вертикальных углов производится с помощью вертикального круга, укрепленного на оси вращения зрительной трубы теодолита.

Лимб вертикального круга 1 (рис.8.11) жестко связан с осью зрительной трубы и вращается вместе с ней, причем диаметр лимба  $0^\circ--180^\circ$  параллелен визирной оси трубы. Алидада 3 расположена на оси вращения трубы, но не скреплена с ней и имеет два отсчетных устройства 2 и 4 и снабжена цилиндрическим уровнем 5. В теодолите ТЗО уровень при алидаде вертикального круга отсутствует. В технических теодолитах вертикальный круг разделен полностью оцифровкой от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  При измерении вертикального угла лимб вращается вместе с трубой относительно неподвижной алидады 3. Перед отсчетом по лимбу нулевой диаметр алидады приводится в горизонтальное положение, для чего пузырек уровня 5 при алидаде вертикального круга выводится на середину трубки с помощью винта 6 алидады вертикального круга. Отсчет по лимбу, в этом случае, покажет величину измеряемого угла наклона. Теодолит ТЗО не имеет уровня при алидаде вертикального круга, поэтому перед наведением на точку приводится на середину пузырек уровня алидады горизонтального круга с помощью подъемного ванта, по направлению которого расположен уровень.

Если визирную ось поставить в горизонтальное положение и привести пузырек уровня на середину, то отсчет по лимбу вертикального круга должен быть равен нулю, что будет соответствовать нулевому значению угла наклона. Однако, если ось уровня окажется не параллельной нулевому диаметру алидады, то, последний составит с визирной осью  $M$  некоторый угол  $\Pi$  и отсчет по лимбу, как видно из рис.8.12.а, будет больше угла наклона на величину  $MO$ .

Рис. 8.11

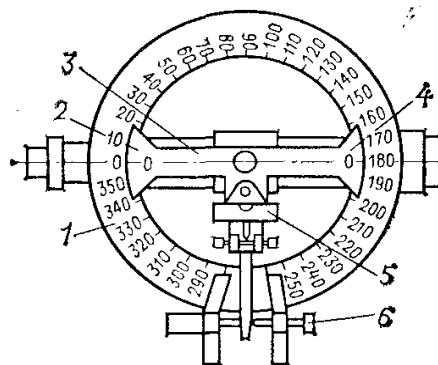
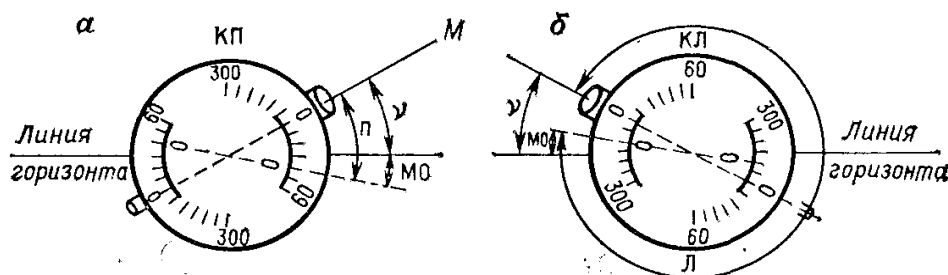


Рис.8.12 Схема измерения углов  
а-при круге право,  
б при круге лево



Таким образом, местом нуля вертикального круга называется отсчет по лимбу вертикального круга, соответствующий горизонтальному положению пузырька уровня при алидаде вертикального круга на середине. Поскольку у теодолитов не имеется приспособления для приведения визирной оси в горизонтальное положение, определение места нуля выполняется путем наведения на какую-либо точку при двух положениях вертикального круга - справа и слева от трубы. Вид формул, по которым вычисляется место нуля и угол наклона, зависит от надписи делений на лимбе вертикального круга. Так, у теодолитов с металлическими кругами (ТТ-50, ТТ-5) деления на лимбе надписаны от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  по ходу часовой стрелки (рис. 8.11). В этом случае формулы для вычисления места, нуля и угла наклона будут иметь вид:

$$MO = \frac{KP + KL}{2} \quad 8.12$$



$$V = \text{КП} - \text{МО} \quad 8.13$$

$$V = \text{МО} - \text{КЛ} \quad 8.14$$

$$V = \frac{\text{КП} - \text{КЛ}}{2} \quad 8.15$$

У теодолита ТЗО деления подписаны от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  против хода часовой стрелки. Для этого теодолита

$$\text{МО} = \frac{\text{КП} + \text{КЛ} + 180^\circ}{2}$$

$$V = \text{МО} - \text{КП} - 180^\circ$$

$$V = \text{КЛ} - \text{МО}$$

$$V = \frac{\text{КЛ} - \text{КП} - 180^\circ}{2}$$

При вычислениях к отсчетам меньшим  $90^\circ$  прибавляется  $360^\circ$ . У некоторых серий теодолитов Т15 деления на лимбе вертикального круга подписаны от  $0^\circ$  в обе стороны - по ходу и против часовой стрелки, причем деления, подписанные по ходу часовой стрелки сопровождаются знаком минус. В этом случае:

$$\text{МО} = \frac{\text{КП} + \text{КЛ}}{2} \quad 8.16$$

$$V = \text{МО} - \text{КП} \quad 8.17$$

$$V = \text{КЛ} - \text{МО} \quad 8.18$$

$$V = \frac{\text{КЛ} - \text{КП}}{2} \quad 8.19$$

Контролем правильности измерения вертикальных углов является постоянство места нуля на точке стояния прибора. Колебание МО не должно превышать двойной точности отсчетного устройства. Если МО значительно отличается от нуля, возникают трудности при вычислении углов наклона в полевых условиях, поэтому место нуля приводят к значению, близкому к  $0^\circ$ . Для этого с помощью наводящего винта трубы ставят отсчет по вертикальному кругу,

равный полученному  $MO$ . Визирная ось трубы займет в этот момент горизонтальное положение. Установочным винтом уровня вертикального круга совмещают нуль отсчетного устройства с нулем лимба, при этом пузырек уровня уйдет из нуль-пункта. Исправительными винтами уровня приводят пузырек уровня на середину.

При исправлении места нуля вертикального круга теодолита ТЗО наводящим винтом трубы устанавливают отсчет, равный полученному при определении  $MO$  углу наклона  $V$ . Центр сетки нитей после этого сместится с наблюдаемой точки, действуя вертикальными исправительными винтами сетки нитей, совмещают ее центр с изображением точки. После юстировки места нуля данным способом необходимо повторить поверку перпендикулярности визирной оси к оси вращения трубы.

## ПЕРДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

алидада., 2

### В

верньер, нониус, 4

вертикальный круг,, 3

визирная ось, 8

визирная плоскость, 2

визирной осью, 8

### Г

горизонтальный угол, 2

### З

зрительная труба, 2

зрительной трубы, 2

### Л

лимб, 2

лимбом, 2

### М

мера двугранного угла, 2

местом нуля, 15

микроскопы штриховые и  
шкаловые., 5

### Н

нульпункт уровня, 6

### О

оптический визир, 3

ось уровня, 6

осью уровня, 6

ошибка коллимационная, 11

### П

поверки, 10

поле зрения трубы, 8

пузырёк уровня., 6

### С

становый винт, 2

### Т

теодолит, 2

теодолитом, 2

точность верньера, 4

точность визирования, 9

### У

угломерный круг, 2

уровни цилиндрический  
круглый, 6

### Ц

цена деления, 4

цена деления уровня, 7

## **Ш**

штатив, 3

## **Э**

эксцентриситет алидады, 5

## **Ю**

юстировки., 10