

Лабораторная работа №5

Тема: : Устройство теодолитов. Взятие отсчётов по вертикальному и горизонтальному угломерным кругам. Порядок работы с теодолитом на местности при съёмках

Цель: Познакомиться с устройством теодолита. Научиться брать отсчёты по вертикальному и горизонтальному угломерным кругам. Освоить порядок работы с теодолитом на местности при измерении углов

План:

- 1. Устройство теодолита
- 2. Подготовка прибора к работе
- 3. Визирование
- 4. Измерение горизонтального угла β
- 5. Измерение вертикального угла ν
- 6. Поверки теодолита
- 7. Индивидуальное домашнее задание

1. Устройство теодолита

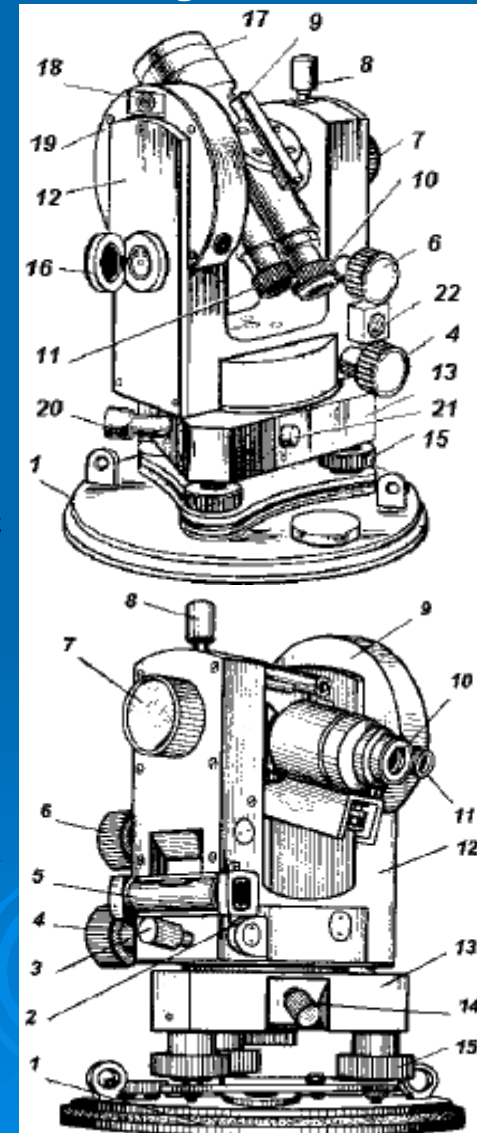
Теодолит – прибор для измерения горизонтальных углов, вертикальных углов и дальномерных расстояний.

➤ Основные части:

1. *Подставка* (треугольное плато) с тремя подъёмными винтами в его вершинах, крепится на штативе *становым винтом*; вращением подъёмных винтов можно наклонять теодолит в ту или иную сторону.

2. *Лимб* (кольцо с делениями 0° – 360°) с *закрепительным* (зажимным) винтом, служащим для закрепления его в неподвижном положении и *наводящим* винтом, служащим для медленного и плавного вращения лимба.

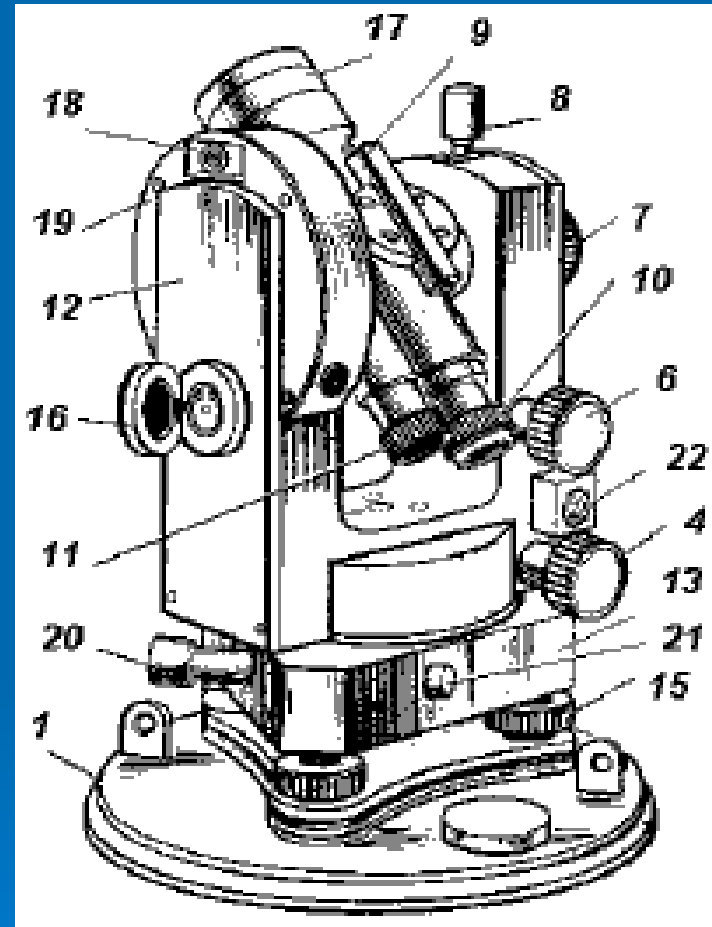
3. *Алидада* (отсчётное устройство) с *закрепительным* (зажимным) винтом, служащим для закрепления её в неподвижном положении и *наводящим* винтом, служащим для её медленного и плавного вращения.



1. Устройство теодолита

➤ Основные части:

4. *Зрительная труба с закрепительным и наводящим винтом. Состоит из объектива, окуляра, сетки нитей, фокусирующей линзы.*
5. *Две колонки для горизонтальной оси вращения зрительной трубы.*
6. *Вертикальный круг (вращается вместе со зрительной трубой) состоит из алидады и лимба.*
7. *Отсчетные приспособления.*
8. *Цилиндрические уровни, по которым устанавливают в горизонтальное или вертикальное положение соответствующие части прибора. Ось уровня становится горизонтальной (вертикальной), когда пузырёк уровня находится на середине (в нуль-пункте).*



1. Устройство теодолита

Закрепительные винты- служат для закрепления определенной части прибора в неподвижном положении.

Наводящие (микрометричные) винты - служит для точного наведения.

Уровни -служат для приведения приборов и их частей в горизонтальное или вертикальное положение.

Уровни:

1. цилиндрические
2. круглые

2. Подготовка прибора к работе

При измерении горизонтального угла теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла. Для этого сначала ставят штатив так, чтобы центр головки был примерно над точкой, а плоскость головки – горизонтальна. Только после этого к штативу прикрепляют теодолит, проводят его центрирование и горизонтирование.

Центрирование – проецирование лимба ГУК по отвесной линии или оси ZZ на вершину измеряемого угла с точностью ± 5 мм для механического отвеса, $\pm 1-2$ мм для оптического отвеса.

Сначала проводится центрирование штатива с помощью механического отвеса с точностью 10-15 мм. При этом необходимо установить столик горизонтально, чтобы регулировка подъемных винтов позволила произвести горизонтирование прибора. При установке прибора на столик, производим окончательное центрирование, передвигая теодолит при ослабленном становом винте.

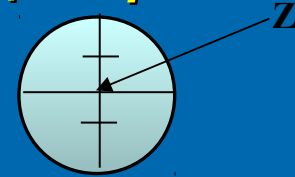
Горизонтирование установка плоскости лимба ГУК в строго горизонтальное положение, а вертикальной оси вращения прибора в отвесное положение, контролируется по цилиндрическому уровню установленному на алидаде ГУК.

Производится с помощью подъёмных винтов и цилиндрического уровня. Поворотом алидады ставят ось уровня по направлению двух подъёмных винтов и выводят пузырёк уровня на середину. Поворачивают алидаду на 90° и, пользуясь третьим подъёмным винтом, вновь пузырёк выводят на середину.

3. Визирование

Визирование – наведение центра сетки нитей на точку.

Сетка нитей – стеклянная пластинка, на которой нанесены линии (характер их нанесения может быть разным). Пересечение средней горизонтальной линии с вертикальной образует **центр сетки нитей** Z (рис).

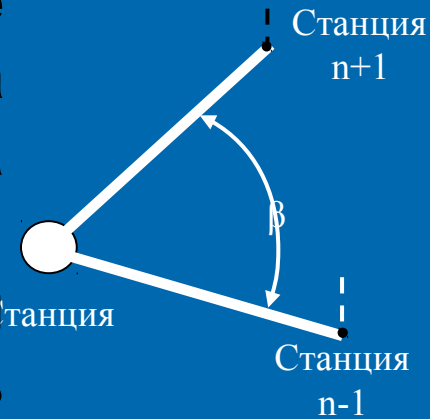


Для визирования на точку:

1. закрепить лимб;
 2. открепить алидаду для того, чтобы по грубому визиру, расположенному наверху зрительной трубы, установить прибор примерно на искомую точку; закрепить алидаду;
 3. установить зрительную трубу для наблюдения так, чтобы сетка нитей имела резкое изображение. Эта операция называется *установкой по глазу* и производится вращением окулярного колена;
 4. установить зрительную трубу для наблюдения так, чтобы точка визирования была видна наилучшим образом. Эта операция называется *установкой по предмету* и производится вращением кремальеры.
 5. навести крест сетки нитей точно на точку визирования с помощью наводящих (микрометрических) винтов алидады и трубы;
- Если вертикальный круг расположен справа от зрительной трубы (если смотреть со стороны окуляра), называют «круг право» (КП); если вертикальный круг расположен слева – «круг лево» (КЛ).

4. Измерение горизонтального угла β

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливают в вершине измеряемого горизонтального угла (станция n), а рейки – сзади колышков на станциях $n+1$ и $n-1$ строго по створу линии. Перекрестие сетки в вершине нитей наводят на самую нижнюю видимую часть рейки, вертикальная нить должна совпадать с осью рейки.

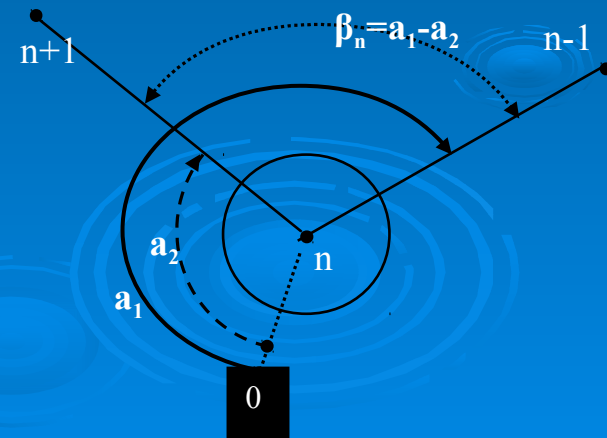


Измерение горизонтального угла на станции n : β – горизонтальный угол

- 1) визируют на вершину заднего (правого) угла ($n-1$) берут отсчёт по лимбу горизонтального круга - отсчёт a_1 ;
- 2) Визируют на вершину переднего (левого) угла ($n+1$) берут отсчёт a_2
- 3) вычисляют значение угла при круге лево

$$\beta_{кл} = a_1 - a_2$$

Рис. Измерение горизонтального угла β на станции n (КЛ):
 n – станция, $n-1$ -- вершина заднего угла, $n+1$ – вершина переднего угла, a_1 – отсчёт на вершину заднего угла, a_2 – отсчёт на вершину переднего угла



4. Измерение горизонтального угла β

На этом *первый полуприём (КЛ)* заканчивается. Перед *вторым полуприёмом* открепляют трубу и переводят её через зенит. Затем открепляют алидаду и разворачивают прибор на 180, проводят измерения при КП. При втором полуприёме (КП) визирование и измерения производят аналогично, расхождение в значениях угла в двух полуприёмах (С) не должно превышать двойной точности прибора (t):

$$C \leq 2t$$

При выполнении этого условия средний горизонтальный угол рассчитывают по формуле:

$$\beta_{cp} = \frac{\beta_{KL} + \beta_{KP}}{2}$$

В случае, если отсчёт a_1 меньше отсчёта a_2 (когда нуль лимба закреплён между вершинами измеряемого угла), к отсчёту a_1 сначала прибавляют 360° .

Дальнейшие вычисления проводят в обычном порядке

4. Измерение горизонтального угла β

Лимб горизонтального угломерного круга (ГУК) оцифрован всегда от нуля до 360° через 1° , слева направо.

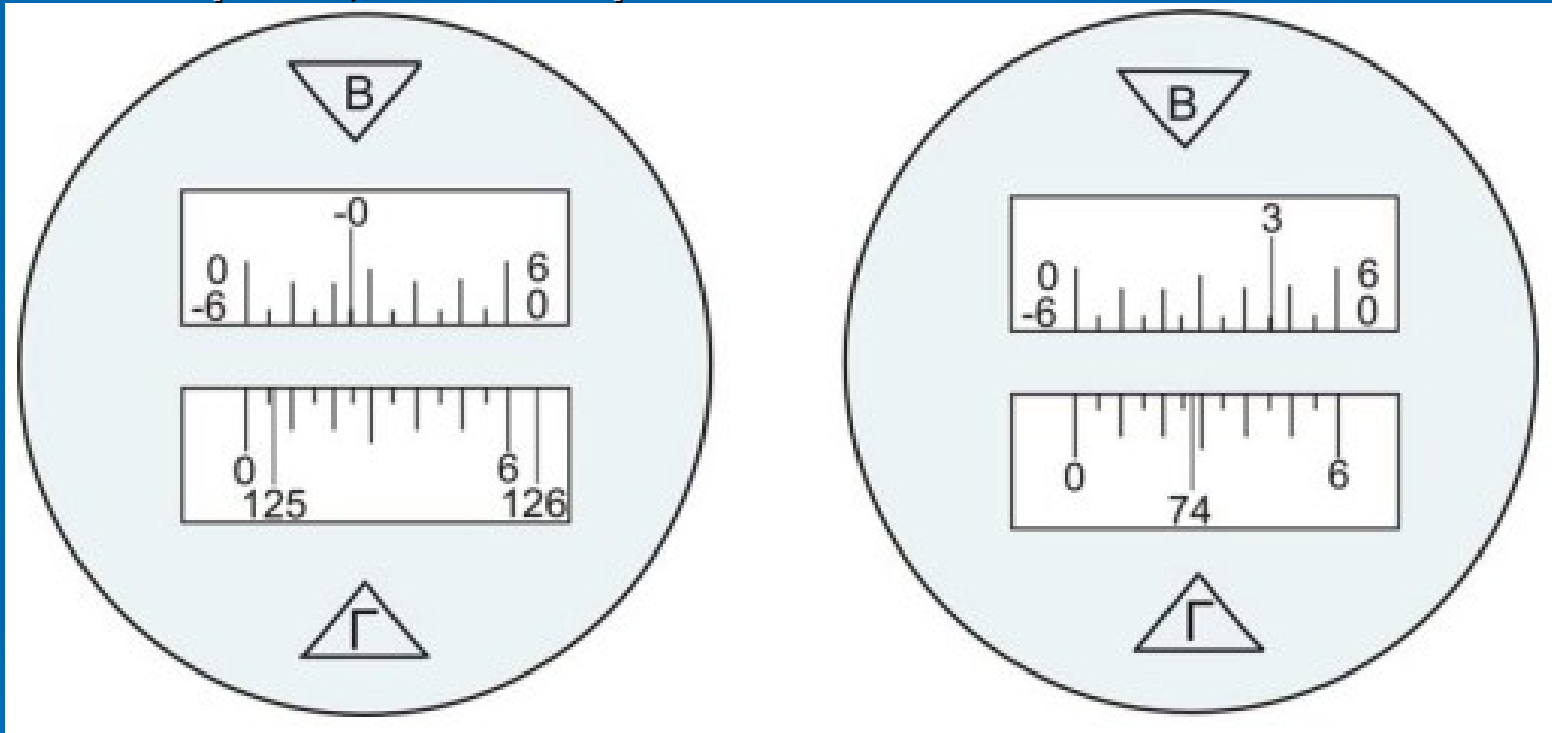


Рис. Отсчётный микроскоп теодолита 2Т30: отсчёт по ГУК – « $125^\circ 07'$ »; отсчёт по ВУК – «минус $0^\circ 35'$ »

Отсчёт берут следующим образом:

- считывают по шкале алидады количество градусов отсчётного штриха (по рисунку – 261°);
- считывают минуты слева направо от нуля, учитывая, что цена деления на шкале ГУ – $5'$ (по рисунку – $24'$).

5. Измерение вертикального угла v

Углы наклона бывают положительные на $(+v)$ и отрицательные $(-v)$, могут изменяться от 0° до 90° .

Перед каждым отсчётом алидаду необходимо устанавливать в горизонтальное положение, при котором $v = 0$. Это положение обеспечивается тогда, когда пузырёк цилиндрического уровня при трубе или алидаде находится на середине ампулы. Однако даже при расположении пузырька уровня на середине ампулы линия нулей отсчётного приспособления может составлять некоторый угол с линией горизонта, который называется **местом нуля** вертикального круга (**M0**).

Место нуля - отсчет по вертикальному кругу, когда пузырёк уровня при алидаде находится на середине. Поэтому особенностью измерения углов наклона является необходимость учёта места нуля (M0) вертикального круга. Для этого при создании съёмочного обоснования снимают отсчёты по ВУК при КЛ и КП, а при тахеометрической съёмке на каждой станции перед началом работы определяют место нуля.

При измерении углов наклона перекрестие сетки нитей наводят на **высоту инструмента**, отмеченную на рейке. Высоту инструмента определяют с помощью листа белой бумаги и рейки, приставляя её почти вплотную к окуляру. Наблюдатель при этом смотрит в объектив (лист передвигают по рейке до тех пор, пока он не закроет ровно $\frac{1}{2}$ поля зрения). Высоту инструмента на рейке удобно отмечать тонкой круглой резинкой.

5. Измерение вертикального угла v

Сначала визируют при круге лево. Берут отсчёт. Затем переводят трубу через зенит, визируют и берут отсчёт при круге права. *Взятие отсчёта по отсчётному микроскопу при измерении вертикального угла*

Лимб вертикального угломерного круга (ВУК) может быть оцифрован по-разному. У теодолита 2Т30 (Т15, 2Т5) оцифровка секторная, при которой ВУК разбит на 4 сектора по 90° , из которых два сектора имеют положительную оцифровку, а два других – отрицательную. Для взятия отсчёта:

- считывают количество градусов отсчётного штриха (по рисунку – « $+0^\circ$ »);
- считывают минуты – если вверху стоит « -0 » – по отрицательной шкале от нуля до отсчётного штриха, если вверху стоит « $+0$ » – по положительной шкале от нуля до отсчётного штриха (по рисунку – « $+11'$ »). Далее проводят вычисление вертикального угла. При этом отсчёты от 0° до 90° соответствуют измеряемому положительному вертикальному углу. Если отсчёты меньше 360° (от 360° до 270°), то вертикальный угол отрицательный.

Вычисление вертикальных углов

После снятия отсчётов рассчитывают вертикальный угол через M_0 , либо угол наклона определяют по результатам двух отсчётов, полученных при визировании на наблюдаемую цель при двух положениях зрительной трубы (КЛ и КП).

Расчётные формулы угла наклона для теодолитов с круговой оцифровкой лимба против хода часовой стрелки (Т30):

5. Измерение вертикального угла v

Расчётные формулы угла наклона для теодолитов с круговой оцифровкой лимба против хода часовой стрелки (Т30):

$$M0 = \frac{KЛ + КП + 180^\circ}{2} ; v = KЛ - M0 ;$$

$$v = M0 - (KП + 180^\circ) ; v = \frac{KЛ - (KП + 180^\circ)}{2} ;$$

где КЛ и КП отсчёты по вертикальному кругу при его (круга) расположении слева и справа от работающего с теодолитом.

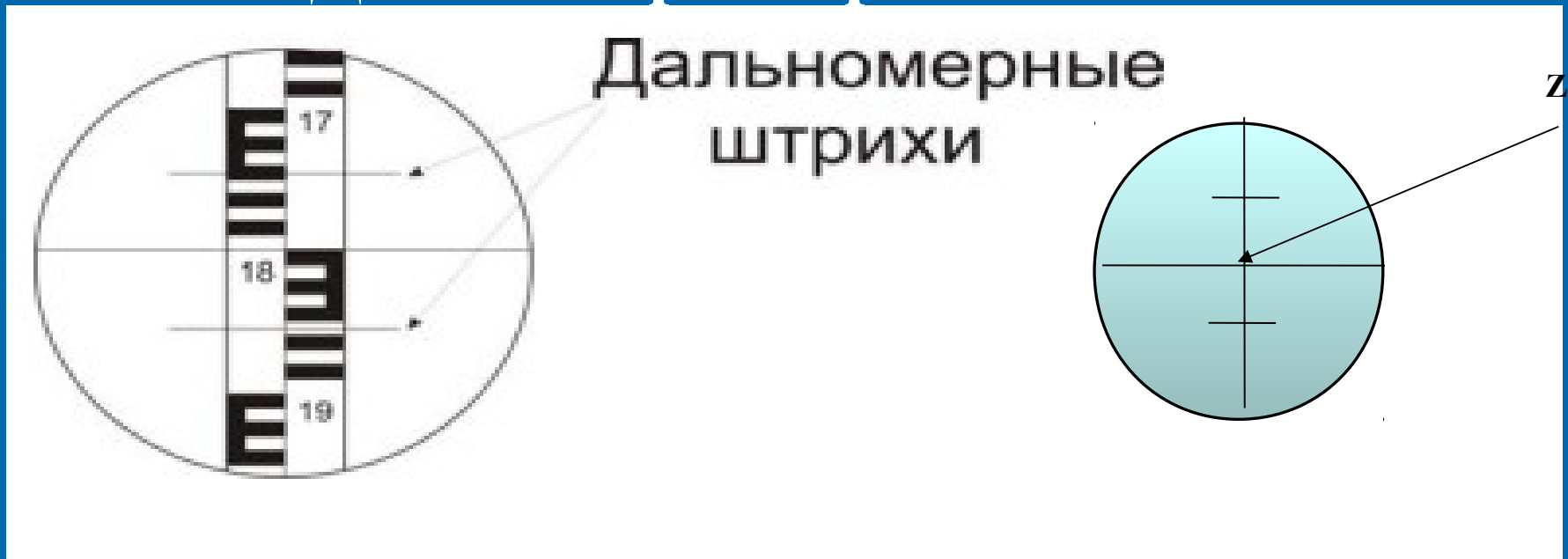
При вычислениях при значениях КП и КЛ меньше 90о к ним необходимо прибавлять 360о.

Расчётные формулы при секторной оцифровке лимба вертикального круга от нуля в обе стороны – по ходу и против хода часовой стрелки (2Т30; Т15; 2Т5 и др.):

$$M0 = \frac{KП + KЛ}{2} ; v = M0 - КП \quad v = KЛ - M0$$

При расчёте по этим формулам добавлений 360° делать не нужно.

6. Дальномерные расстояния



В сетке нитей зрительной трубы теодолита имеются два дополнительных горизонтальных дальномерных штриха, расположенных по обе стороны от центра сетки нитей на равных расстояниях. Наличие этих штрихов позволяет измерять расстояния D от прибора до рейки.

Для этого на рейке определяют величину дальномерного интервала n в миллиметрах, переводят в см и умножают полученное число на 100, затем полученное значение из см переводят в меры (дальномерный коэффициент зрительной трубы, как правило, равен 100), т. е.

$K * n * D = \dots$. Точность измерения расстояний нитяным дальномером обычно оценивается относительной ошибкой от 1/100 до 1/300.

Измерение магнитных направлений линий и высчитывание дирекционных углов

Буссоль - высокоточный компас.

С помощью буссоли ориентируем теодолит по северному направлению магнитного меридиана, для этого совмещаем ноль лимба и алидады и ориентируем их по северному направлению магнитного меридиана, на который указывает синяя стрелка буссоли.

Закрепляем лимб, и визируя в нужном направлении на рейку берем показания A_z магнитного, ориентированной линии. Зная сближение меридиан и магнитное склонение находим дирекционные углы.

6. Поверки теодолитов

Перед тем, как проводить какие-либо виды работ с использованием геодезических приборов необходимо убедиться в том, что прибор исправен и позволит выполнить геодезические работы с требуемой точностью. В связи с этим перед выполнением полевых работ проводят поверки приборов.

Поверка - выявление правильности взаимного расположения отдельных частей и осей прибора, определяющих соблюдение его геометрической схемы.

В том случае, если при поверке прибора выявлено нарушение правильного взаимного расположения отдельных частей и осей, то проводят юстировку прибора.

Юстировка - исправление нарушенных условий взаиморасположение осей прибора.

Как правило, в комплекте с прибором поставляется паспорт или инструкция, где подробно изложены поверки, которые необходимо производить перед выполнением геодезических работ. Поэтому перед выполнением поверок бригадиры, для тщательного изучения получают инструкцию, паспорт.

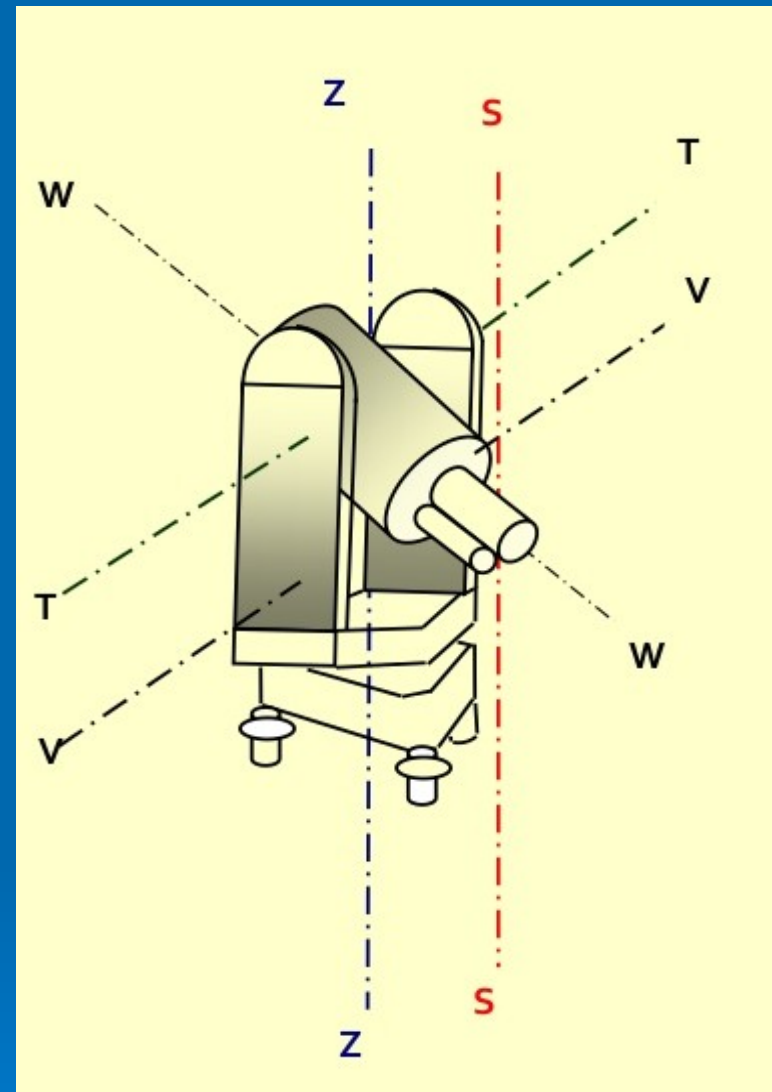
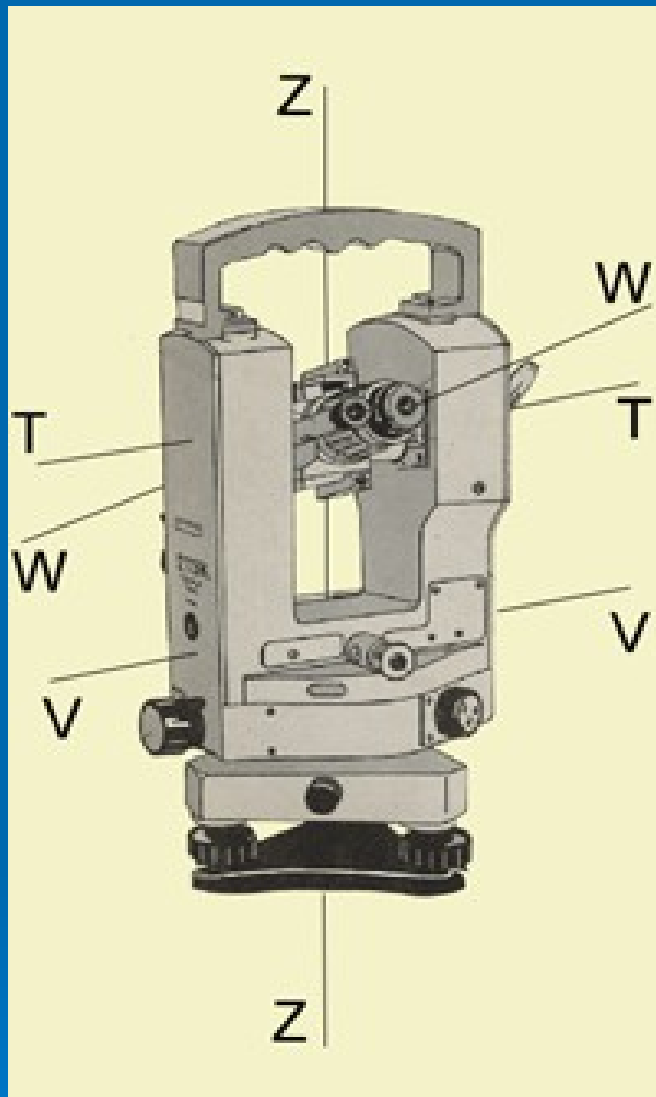


Рис. - Взаиморасположение осей теодолита: Z-Z – вертикальная ось вращения прибора; T-T – ось вращения зрительной трубы; V-V – ось цилиндрического уровня при горизонтальном круге; W-W – визирная ось трубы; SS – вертикальная нить сетки нитей.

Поверка 1 - Поверка цилиндрического уровня.

Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения прибора , т.е. параллельна плоскости лимба ГУК и контролирует его горизонтальность.

Ось VV перпендикулярна оси ZZ.

Поверка 2.

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

Ось WW перпендикулярна оси TT .

Угол отклонения визирной оси трубы **WW** от перпендикуляра **$МК$** к оси ее вращения **$ТТ$** (рис., угол ϵ) называется **коллимационной погрешностью трубы.**

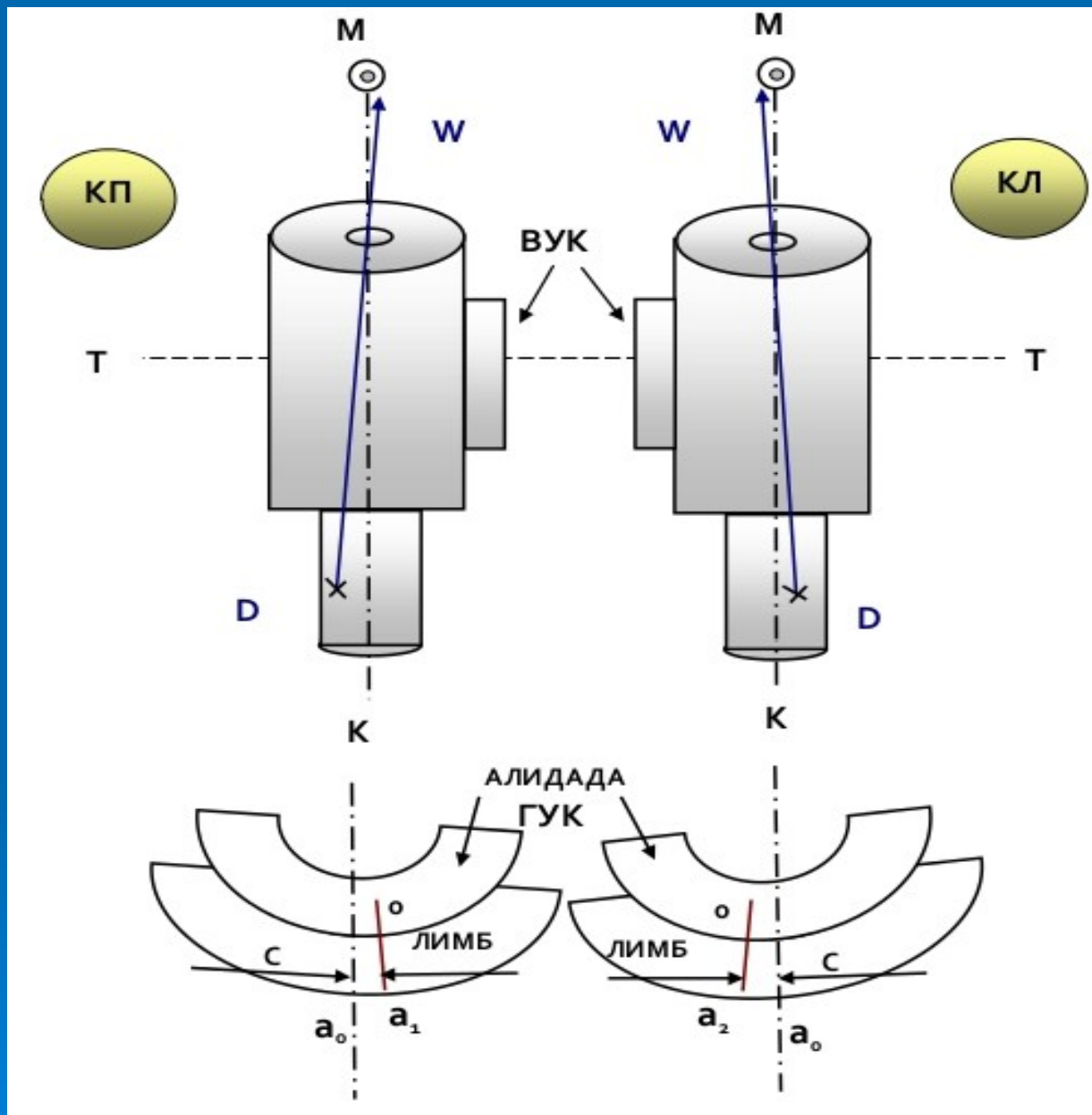


Рис. - Коллимационная погрешность визирной трубы теодолита (ось **WW не перпендикулярна к оси **ТТ**)**

При одностороннем отсчетном приспособлении на отсчет по горизонтальному кругу одновременно оказывают влияние и коллимационная ошибка, и эксцентриситет алидады. Для выявления коллимационной ошибки визируют на удаленную точку, берут отсчеты КП1 и КЛ1, затем открепляют лимб, поворачивают верхнюю часть теодолита примерно на 180°, берут отсчеты КП2 и КЛ2 и вычисляют коллимационную ошибку (двойную):

$$2C = \frac{(КП_1 - КЛ_1 \pm 180^\circ) + (КП_2 - КЛ_2 \pm 180^\circ)}{2}$$

Если $c > 2t$, то осуществляют юстировку.

Поверка 3.

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения прибора.

Ось ТТ перпендикулярна оси ZZ.

Заводы, выпускающие в настоящее время теодолиты, гарантируют выполнение этого условия. Однако **поверка необходима по двум причинам:**

- вследствие износа цапф горизонтальной оси трубы указанное условие может быть нарушено;
- у теодолитов старых марок данная поверка и последующая юстировка обусловлены конструкцией прибора.

Для проведения поверки теодолит устанавливают в 20-30 м от стены здания, визируют при круге лева (КЛ) на высоко расположенную на стене точку (рис.), опускают трубу примерно до горизонтального положения, отмечают на стене точку визирования v_1 . Затем, переведя трубу через зенит, производят то же при круге право (КП), фиксируют точку v_2 . Если отношение $\frac{v_1 v_2}{AB_0} \geq \frac{1}{1500}$ то у теодолитов старых марок проводится юстировка, теодолиты последних выпусков ремонтируются в мастерской.

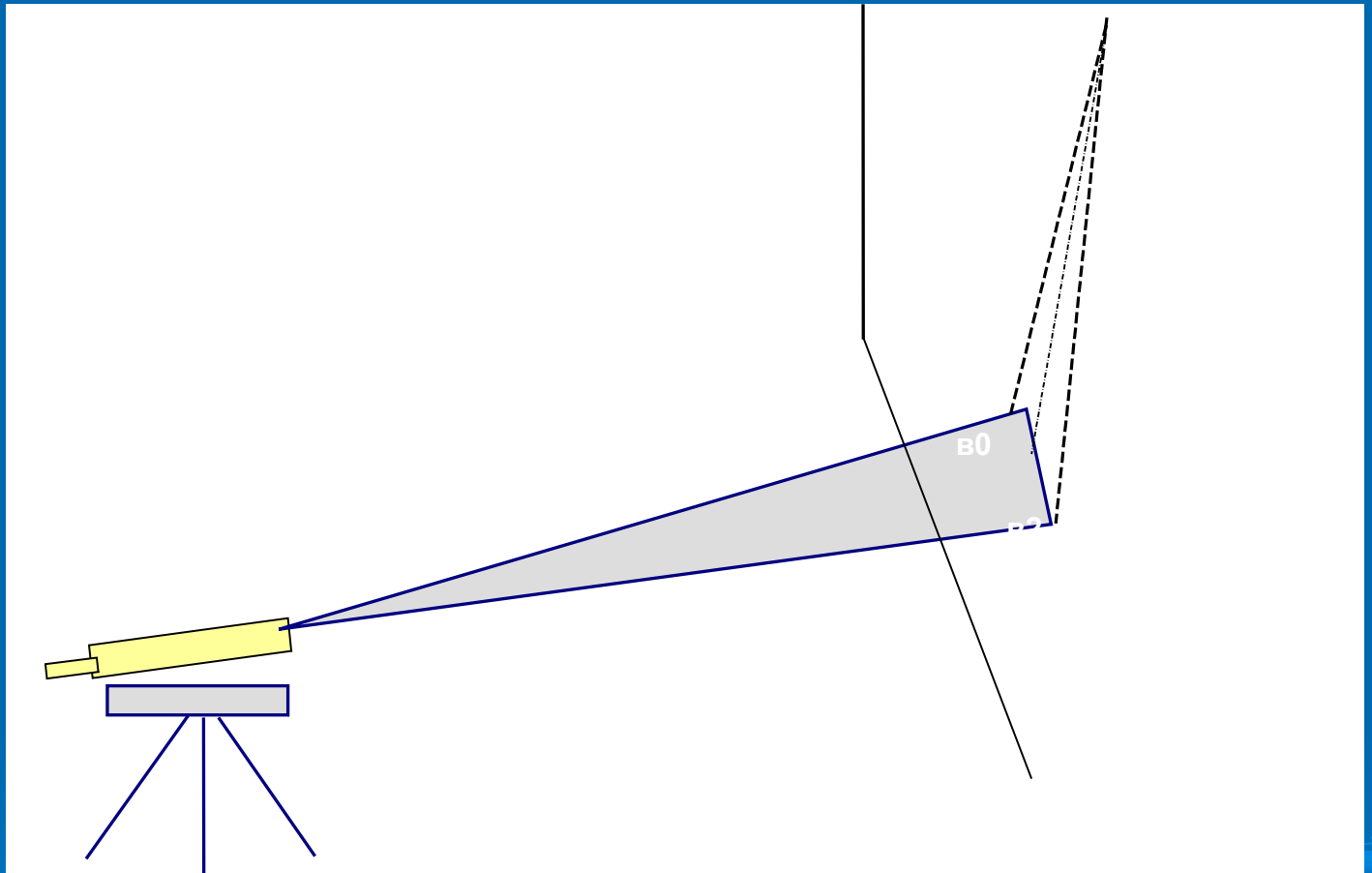


Рис. - Поверка № 3 теодолита

Поверка 4.

Вертикальная нить сетки нитей должна быть строго вертикальна и перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Ось SS перпендикулярна оси TT.



Отклонение вертикальной нитки сетки нитей от вертикали = 0

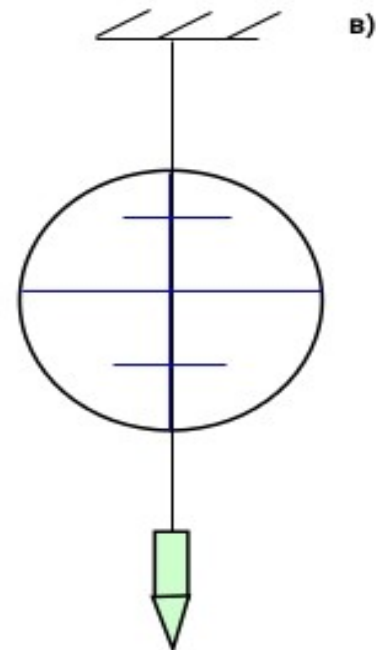


Рис. – Поверка № 4 теодолита

Поверка 4 - Поверка оптического центрира.

Визирная ось оптического центрира должна совпадать с осью вращения прибора ZZ.

Поверку производят следующим образом:

- в 3-4 м от теодолита забивают колышек, визируют на его
- торец и отмечают точку визирования;
- переводят трубу через зенит, по противоположному направлению визирования забивают 2-й колышек, отмечают точку визирования;
- между метками двух колышков натягивают нить,
- *- поворачивают трубу на 90° и повторяют те же операции в перпендикулярном направлении, так же натягивают нить;
- Центр сетки оптического отвеса должен проектироваться в точку пересечения натянутых нитей.

Юстировку производят исправительными винтами сетки нитей центрира.

Кроме приведенных поверок существует ряд других, обусловленных спецификой (маркой) прибора. Как правило, все необходимые поверки приведены в паспорте или инструкции к прибору, поэтому перед работой следует обязательно ознакомиться с информацией, приведенной в инструкции, паспорте.

Индивидуальное домашнее задание

Написать отчет о проделанной лабораторной работе, в котором необходимо указать следующую информацию:

1. Подготовка прибора к работе:

А. Горизонтирование прибора

Б. Центрирование прибора

2. Измерение горизонтального угла (изобразить схемой, указать где расположен ноль лимба)

3. Измерение вертикального угла (место нуля, v, рисунок)

4. Измерение дальномерных расстояний (рисунок)

5. Находим Азми-II, Азми-III, рассчитываем дирекционные углы