

Теодолит 4Т30П

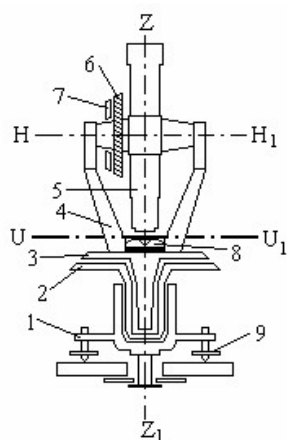
Назначение

Основным угломерным прибором на местности является *теодолит* - оптико-механический прибор, с помощью которого измеряют горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и магнитные азимуты.

По точности теодолиты различают трех типов: высокоточные - Т05Т1; точные - Т2, Т5 и технические - Т15, Т30, 2Т30, 4Т30П. В перечисленных типах теодолитов цифры соответствуют точности (средней квадратической погрешности) измерения горизонтального угла одним приемом в секундах.

Теодолит, независимо от модели, имеет принципиальную схему

Принципиальная схема теодолита



На подставке (1) с тремя подъемными винтами (9) крепится угломерный круг (2), на котором нанесены деления от 0 до 360° с возрастанием отсчетов по ходу часовой стрелки, называемый лимбом. Над лимбом, соосно с ним, расположен второй круг – алидада (3), несущий отсчетное устройство. Лимб и алидада вместе называются горизонтальным кругом. Он предназначен для измерения горизонтальных углов. На алидаде, с помощью подставок (4), крепится зрительная труба (5), которая может вращаться вокруг своей оси NN1. На одном из концов оси зрительной трубы расположен вертикальный круг, состоящий из лимба (6) и алидады (7). Он предназначен для измерения углов наклона. При повороте зрительной трубы вокруг своей оси (это действие называется переводом зрительной трубы через зенит)

вертикальный круг может располагаться справа или слева от нее. Первое положение называется «круг право» и при измерениях обозначается КП, второе – «круг лево», обозначаемое при измерениях КЛ. Для приведения плоскости лимба (2) в горизонтальное положение на горизонтальном круге укреплен цилиндрический уровень (8).

Теодолит имеет следующие основные оси и плоскости:

Основная ось (ось вращения) теодолита ZZ1 – линия, перпендикулярная к горизонтальному кругу и проходящая через его центр.

Визирная ось – воображаемая прямая, соединяющая пересечение нитей сетки и оптический центр объектива.

Ось цилиндрического уровня UU1 – касательная к внутренней поверхности ампулы уровня в нульпункте (нульпункт уровня – наивысшая точка ампулы, середина делений на ампуле).

Ось вращения трубы NN1 – линия, вокруг которой вращается зрительная труба в вертикальной плоскости.

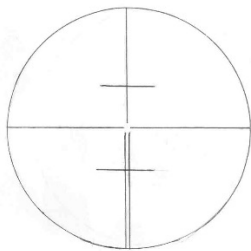
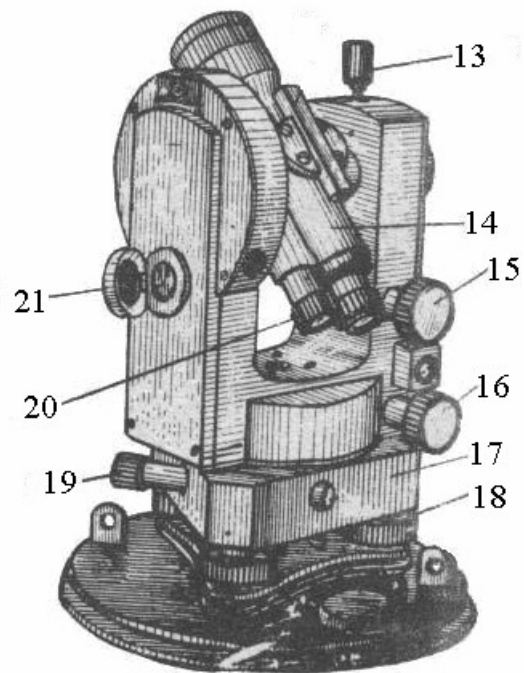
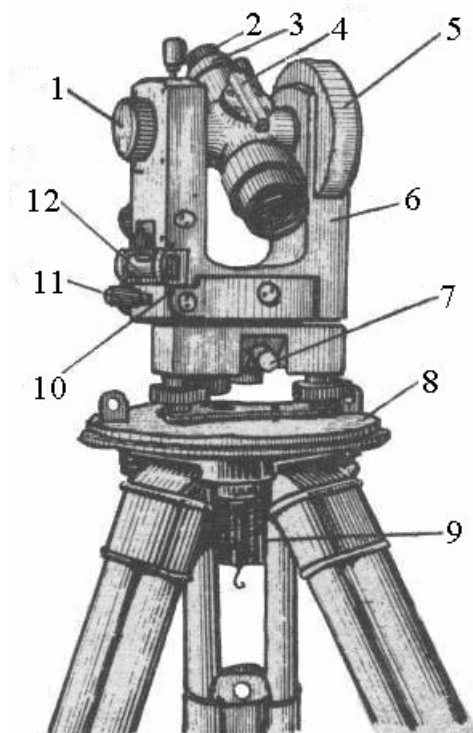
Плоскость лимба – плоскость, проходящая через внутренние концы делений лимба.

Коллимационная (визирная) плоскость – плоскость, образованная визирной осью при вращении зрительной трубы вокруг ее оси NN1.

Техническая характеристика теодолита 4Т30П

Увеличение	20 ^x
Пределы измерения вертикальных углов	+60°...-55°
Угол поля зрения	2°
Фокусное расстояние, мм	157
Коэффициент нитяного дальномера	100
Пределы фокусирования, м	1,2 - ∞
Цена деления шкалы микроскопа	5'
Точность отсчета	30''
Масса теодолита с подставкой	2,3 кг

Общий вид теодолита 2Т30



Сетка нитей.

1. Кремальера.
2. Диоптрийное кольцо.
3. Колпачок, под которым, расположены исправительные винты сетки нитей.
4. Оптический визир.
5. Вертикальный круг.
6. Подставка зрительной трубы (колонка).
7. Закрепительный винт лимба.

8. Основание футляра.
9. Становой винт.
10. Исправительный винт уровня.
11. Закрепительный винт алидады.
12. Цилиндрический уровень.
13. Закрепительный винт зрительной трубы.
14. Зрительная труба.
15. Наводящий винт зрительной трубы.
16. Наводящий винт алидады.
17. Подставка.
18. Подъемный винт.
19. Наводящий винт лимба.
20. Окуляр шкалового микроскопа.
21. Зеркало.

Зрительная труба теодолита служит для визирования на предмет. Фокусирование ее на цель осуществляется вращением кремальеры **1**. Вращением диоптрийного кольца **2**, устанавливается резкость окуляра по глазу - до четкого изображения сетки нитей в поле зрения зрительной трубы. Центр сетки нитей служит для точного наведения на предмет. Две горизонтальные нити, называемые дальномерными, используются для измерения расстояния по рейке.

Корпус зрительной трубы представляет собой единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонки **6**. Визир **4** предназначен для грубой наводки на цель. При пользовании визиром глаз должен находиться на расстоянии 25-30 см от него. Вращением трубы светлый крест, видимый в поле зрения визира, совмещают с предметом.

Точное наведение зрительной трубы на предмет в горизонтальной плоскости осуществляется наводящим винтом алидады **16** после ее закрепления винтом **11**; для наведения зрительной трубы в вертикальной плоскости используется ее наводящий винт **15** после закрепления зрительной трубы винтом **13**.

Теодолит по особому заказу может быть укомплектован ориентир-буссолью и уровнем, который прикрепляется к трубе для нивелирования горизонтальным визирным лучом. Обычно к зрительной трубе прикрепляют два визира. При установке уровня на трубе один из визиров должен быть снят.

Основные проверки теодолита

Теодолит должен соответствовать определенным геометрическим условиям, которые в процессе работы и транспортировки прибора подвержены изменениям. Поэтому перед началом работ необходимо теодолит проверять. Проверка начинается с внешнего осмотра теодолита. При этом проверяется плавность вращения подъемных и наводящих винтов, перемещение фокусирующей линзы, плавность и легкость вращения самого прибора и зрительной трубы, чистота оптики, четкость изображения сетки нитей, отсутствие коррозии на металлических деталях.

После установки прибора на штатив проверки выполняются в следующей последовательности:

1. Ход подъемных и наводящих винтов должен быть плавным, без скачков и заеданий. Для регулировки хода винта следует вращать регулировочную гайку с помощью шпильки в ту или иную сторону до тех пор, пока не будет достигнут равномерный ход.

2. При вращении алидады горизонтального круга должна быть обеспечена азимутальная устойчивость штатива. Для проверки устойчивости штатива навести

зрительную трубу на какой-нибудь резко очерченный предмет. Затем слегка повернуть штатив за головку в одну и другую стороны. При смещении выбранного предмета с перекрестия сетки следует потуже затянуть винты шарнира ножек штатива.

3. Ось цилиндрического уровня UU должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора ZZ.

Проверка. Установить прибор в рабочее положение, т.е. поворотом верхней части теодолита установить уровень параллельно двум подъемным винтам и, вращая их в противоположные стороны, приводят пузырек уровня на середину. Затем повернуть алидаду на 90° и третьим винтом вновь привести пузырек уровня на середину. Закончив процесс нивелирования прибора, приступить к проверке уровня. Уровень установить параллельно двум подъемным винтам, привести пузырек на середину и после этого повернуть алидаду на 180° . Если пузырек остался на середине, то условие выполнено; если пузырек уровня сместился от середины более чем на одно деление, то положение оси уровня необходимо исправить.

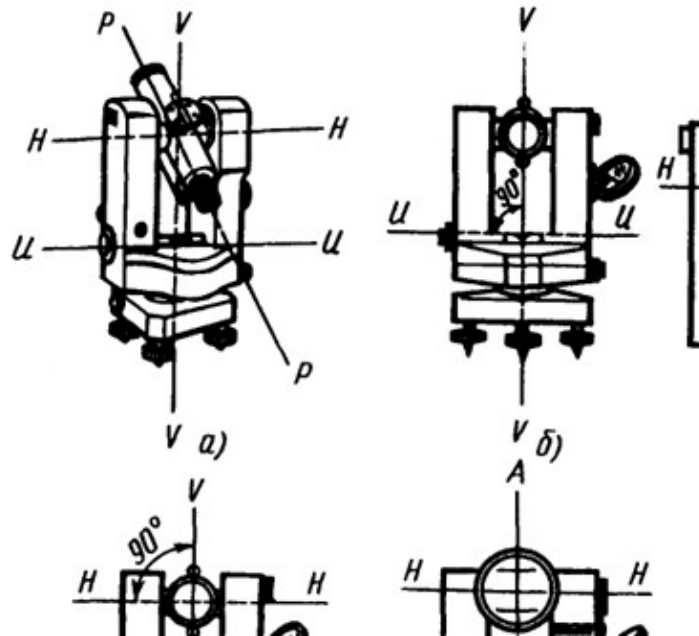


Схема проверки теодолита

Юстировка. Исправительными винтами уровня (один освобождая, другой подтягивая) перемещают пузырек уровня к середине на половину дуги отклонения. Вторую половину отклонения устраняют подъемными винтами, по направлению которых стоит уровень. Проверку повторить до тех пор, пока пузырек уровня не будет отклоняться более чем на одно деление.

4. Вертикальный штрих сетки нитей должен быть параллелен вертикальной оси ZZ теодолита.

Проверка. Наводят центр сетки на нить отвеса, укрепленного на стене в 5-10 м от прибора. Если при подъеме и опускании трубы вертикальная нить сетки совпадает с нитью отвеса, условие выполнено. В противном случае производят исправление.

Юстировка. Для исправления на окуляре снимают колпачок, слегка ослабляют четыре винта, крепящих окулярную часть с корпусом трубы, и, поворачивая

окулярную часть с сеткой, совмещают вертикальный штрих с нитью отвеса. Поверку повторить.

5. Визирная ось WW зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси NN вращения.

Поверка. Коллимационную погрешность (неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси) определяют следующим образом:

навести зрительную трубу при положении теодолита KL на визирную цель, удаленную не менее чем на 50 м; направление на цель горизонтальное (отклонение не более 2) и снять показание L_1 с горизонтального лимба;

повторить наведение при положении теодолита KP и снять показание $П_1$;

затянуть закрепительный винт алидады, освободить закрепительный винт подставки, повернуть теодолит на 180 и закрепить его в подставке;

навести зрительную трубу на ту же цель при двух положениях теодолита KL и KP и снять показания L_2 и $П_2$;

вычислить коллимационную погрешность (c) по формуле:

$$c = 0,25((L_1 - П_1 + 180) + (L_2 - П_2 + 180))$$

повторить определение (c) и вычислить ее среднее арифметическое значение.

Коллимационная погрешность не должна превышать 1.

Юстировка. Снять колпачок 3, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей. Навести зрительную трубу на удаленную визирную цель и снять показания L или $П$ по горизонтальному кругу. Вычислить исправленные показания для горизонтального круга по формуле:

$$L_{\text{испр.}} = L - c \quad \text{или} \quad П_{\text{испр.}} = П + c$$

и установить его на горизонтальном круге. Поскольку после этого визирная ось зрительной трубы сойдет с визирной цели, то, пользуясь исправительными винтами, перемещают сетку нитей до совмещения ее перекрестия с изображением наблюдаемой точки.

6. Ось NN вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна основной оси ZZ вращения прибора.

Поверка. Установить теодолит на штативе в 15-30 м от высокого предмета (в классе в 2-3 м), например, стены здания (рис. 1) и привести основную ось прибора в отвесное положение, пользуясь уровнем при алидаде горизонтального круга. Потом центр сетки нитей наводят на хорошо видимую точку M , расположенную выше горизонта под углом 25-30 и закрепляют алидаду. Затем зрительную трубу опускают вниз до горизонтального положения ее визирной оси и по указанию наблюдателя отмечают на стене точку m_1 , на которую проецируется изображение центра сетки нитей. После этого открепляют алидаду горизонтального круга, переводят зрительную трубу через зенит, вновь визируют на точку M и закрепляют алидаду.

Затем зрительную трубу опускают до уровня отмеченной ранее точки m_1 и отмечают на стене точку m_2 . Если точки m_1 и m_2 совместились, то условие выполнено. Если же они не совпадают больше чем на двойную ширину биссектора сетки нитей, то прибор подлежит исправлению.

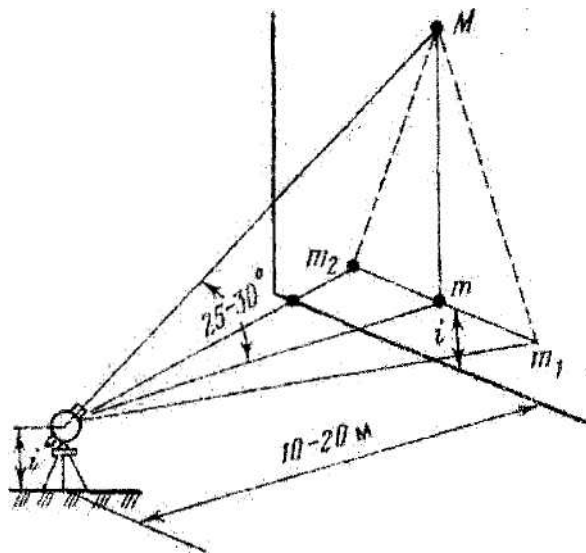


Рис. 1. Схема проверки горизонтальности оси вращения трубы

Юстировка прибора производится в оптико-механической мастерской. Таким теодолитом можно измерять горизонтальные углы только при двух положениях вертикального круга.

Установка теодолита в рабочее положение

Перед измерением горизонтального угла теодолит устанавливается в рабочее положение.

Сначала устанавливается и регулируется штатив. Верхняя часть штатива (головка) должна быть горизонтальной плоскости, на которой располагается, а высота соответствовала росту наблюдателя. После того как был установлен штатив закрепляется теодолит (в футляре) с помощью станкового винта.

Приведение теодолита в рабочее положение предусматривает:

- Центрирование- установка центра горизонтального круга над вершиной измеряемого угла. Выполняется с помощью нитяного отвеса или оптического центра, перемещением ножек штатива и с последующим передвижением прибора на головке штатива. Погрешность центрирования зависит от требуемой точности выполняемых работ и не должна превышать 3 мм при измерении горизонтальных углов для решения большинства инженерных задач;
- Горизонтирование – приведение плоскости лимба горизонтального круга в горизонтальное положение, т.е. установка вертикальной оси вращения теодолита в отвесное положение. Для этого устанавливают цилиндрический уровень параллельно двум подъемным винтам и вращая их одновременно в противоположные стороны выводят пузырек уровня на середину ампулы. Затем поворачивают цилиндрический уровень на 90° по направлению третьего подъемного винта и, вращая его, опять выводят пузырек в нульпункт. Эти действия повторяют до тех пор пока пузырек не будет отклоняться от центра ампулы более чем на одно деление. При измерении вертикальных углов отклонение пузырька от середины не должно превышать пол деления;
- Подготовку зрительной трубы для наблюдений по глазу – вращением окуляра (от -5 до +5 диоптрий) до получения четкого изображения сетки нитей на светлом фоне – и по предмету - вращением кремальеры до четкого изображения визирной цели. Если изображение предмета не совпадает с плоскостью сетки

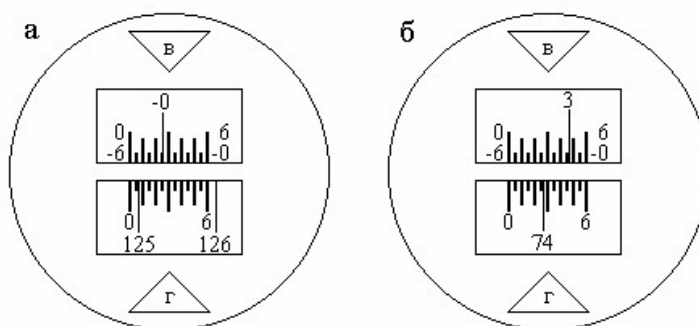
нитей, то при перемещении глаза относительно окуляра точка пересечения нитей будет проецироваться на различные точки наблюдаемого предмета. Возникает параллакс, который устраняется небольшим поворотом кремальеры.

Отсчетные устройства теодолита

У теодолита 2Т30 отсчетный микроскоп шкаловой. Шкаловой микроскоп имеет отсчетную шкалу, нарезанную на стеклянной пластинке.

Изображения делений лимбов вертикального и горизонтального кругов совмещаются с плоскостью шкалы. Конструктивно при совмещенном изображении длина шкалы равна величине изображения одного деления лимба.

В верхней части поля зрения микроскопа, обозначенного буквой В, видны штрихи лимба вертикального круга и штрихи отсчетной шкалы, а в нижней части поля зрения, обозначенной буквой Г, видны штрихи лимба горизонтального круга и штрихи отсчетной шкалы.



- а) Отсчет по вертикальному кругу – $0^{\circ} 35,0'$;
 Отсчет по горизонтальному кругу $125^{\circ} 06,0'$.
 б) Отсчет по вертикальному кругу $+3^{\circ} 45,5'$;
 Отсчет по горизонтальному кругу $74^{\circ} 27,5'$.

На обоих кругах нанесены только градусные штрихи. Каждый градусный штрих подписан. Следовательно, цена деления лимбов составляет 1° . На алидады кругов нанесены отсчетные шкалы с ценой деления $5'$. Эти шкалы выведены в поле зрения микроскопа.

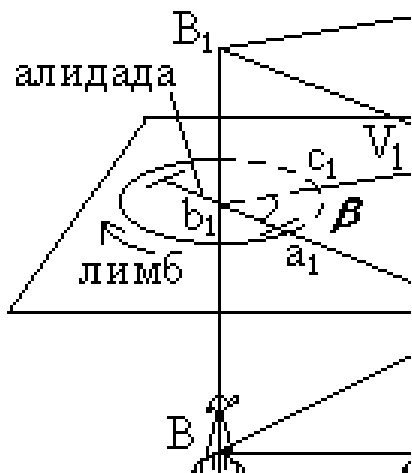
Начальное деление шкалы горизонтального круга обозначено цифрой 0, а конечное – цифрой 6, что означает $60'$. Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр.

В верхнем ряду начальный штрих, обозначенный цифрой 0, расположен слева, а конечный, обозначенный цифрой 6, расположен справа. В нижнем ряду оцифровка выполнена наоборот и цифры имеют знак минус.

Отсчет по горизонтальному кругу производится в следующем порядке. Сначала считывается с лимба число градусов (по штриху лимба, попадающему на отчетную шкалу), затем по отсчетной шкале берется отсчет с точностью 0.1 деления, что соответствует $0.5'$. Индексом для отсчитывания минут служит штрих градусного деления лимба, находящийся на отсчетной шкале. На рисунке «а» отсчет по горизонтальному кругу равен $125^{\circ}06,0'$.

Схема измерения горизонтальных и вертикальных углов на местности. Формулы для определения вертикальных углов.

Горизонтальный угол на местности измеряют так. В вершине измеряемого угла устанавливают теодолит. Головку штатива располагают примерно над знаком, а ее верхнюю площадку приводят в горизонтальное положение. Наконечники ножек штатива вдавливают в грунт.



Теодолит центрируют над точкой В и по уровню на алидаде горизонтального круга с помощью подъемных винтов приводят ось вращения теодолита в вертикальное положение. На точках С и А, фиксирующих направления, между которыми измеряется угол, устанавливают визирные цели: марки, вехи, шпильки и т. п.

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

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

Для измерения горизонтальных углов в геодезии применяют:
 способы приемов
 способы круговых приемов
 способы повторений.

Способ приемов. Над вершиной В измеряемого угла $\beta = \text{ABC}$ центрируют и горизонтируют теодолит, а на точках А и С устанавливают визирные цели. Один и тот же угол измеряется дважды, при двух положениях вертикального круга относительно зрительной трубы: при круге слева (КЛ) и при круге справа (КП).

Пример 1

Журнал измерения углов и длин линий

№ стан	Круг	№ точки набл	Отсчет по ГК	Горизонтальный круг	
				Измерения	Среднее значение
В	КП	А	47°05'	47°06'	47°05,5'
		С	177°10'		
	КЛ	А	224°15'	47°05'	
		С	177°10'		

Лимб оцифрован по ходу часовой стрелки. Поэтому наведение зрительной трубы принято выполнять сначала на правую точку, а затем на левую точку.

Способ круговых приемов применяется при измерении нескольких горизонтальных углов с общей вершиной М и выполняется двумя полуприемами, при двух положениях вертикального круга КЛ и КП. При визировании на начальную точку 1 отсчет по горизонтальному кругу при КЛ устанавливают чуть больше нуля, в нашем примере 0

01.5'. Затем наводят трубу последовательно по ходу часовой стрелки на точки 2, 3, 4, 1 и берут отсчеты. Разность начального и конечного отсчетов на точку 1 не должна превышать двойную точность отсчетного устройства. Второй полуприем наблюдений при КП выполняют против хода часовой стрелки при первоначальной установке горизонтального круга в последовательности 1, 4, 3, 2, 1. Убедившись в допустимости начального и конечного отсчетов, вычисляют: значения двойной коллимационной погрешности

$$2c = \text{КЛ} - \text{КП} + 180^\circ,$$

средние отсчеты по направлениям

$$a = (\text{КЛ}_i + \text{КП}_i) / 2 - 180^\circ,$$

среднее направление на начальную точку 1 из четырех отсчетов, приведенные направления.

Для повышения точности измерений делают несколько круговых приемов, а перед каждым приемом горизонтальный круг переставляют.

Пример 2

номера точек		отчет по Г К		ср. измер. отсчетов	приведен. направления
стояния	визирования	КЛ	КП		
К	А	0°03'	180°00'	0°03'	0°00'
	В	32°59'	212°56'	0°1,5'	
	С	80°17'	260°15'	32°57,5'	
	А	0°02'	180°00'	80°16'	
				0°01'	80°13'

Способ повторений позволяет несколько повысить точность измерений отдельного горизонтального угла за счет уменьшения погрешностей отсчетов на результат измерений. Сущность способа заключается в многократном (n) откладывании на лимбе величины измеряемого угла. Отсчеты берут только в начале (a) и в конце (b) наблюдений, а значение угла β вычисляют по формуле:

$$\beta = (b-a)/n.$$

Измерения углов наклона. Место нуля.

Теодолитом можно измерить не только горизонтальные углы, но и вертикальные. Измерение углов наклона происходит при помощи вертикального круга. Углы могут быть положительными и отрицательными в зависимости от расположения трубы (выше или ниже относительно линии горизонта трубы).

Измерения угла происходит как правило при двух положениях трубы «круг слева» и «круг справа». Отсчеты снимаются после наведения горизонтальной нити сетки зрительной трубы на нужную цель с вертикального круга, причем при снятии отсчета для положение трубы «круг справа» минуты отсчитываются не как обычно (слева направо), а справа налево.

Чтобы получить v , необходимо определить место нуля (МО) вертикального круга (ВК) - отсчет по ВК, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек цилиндрического уровня находится на середине - необходимо навести среднюю нить на четко видимую точку и снять отсчеты КП и КЛ по вертикальному кругу соответственно при КП и КЛ

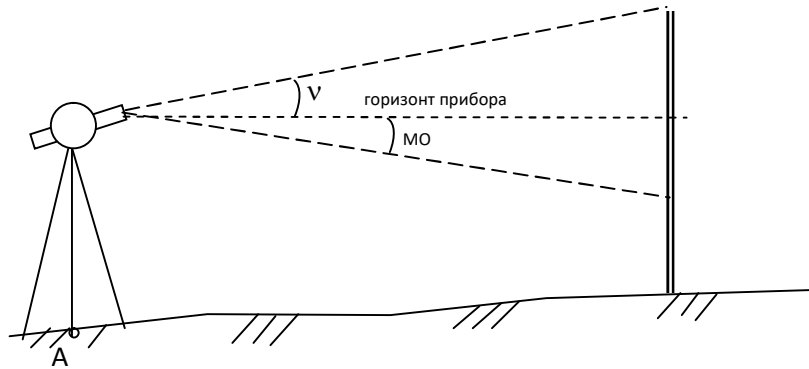
После снятия отсчетов производятся расчеты по формулам:

$$MO = \frac{L + П}{2} \quad v = L - MO.$$

Если $|MO| > 2t$, то место нуля необходимо исправлять.

Пример:

$$Л = 8^{\circ}49'$$
$$МО = \frac{8^{\circ}49' - 8^{\circ}50'}{2} = -\frac{1}{2}$$
$$П = -8^{\circ}50'$$
$$v = 8^{\circ}49' - 0^{\circ}0,5' = 8^{\circ}48,5'$$



Измерение вертикального угла

При измерениях вертикальных углов величина МО не должна превышать двойной точности отсчетного устройства. На заводе при сборке теодолитов величину МО устанавливают близкой $0^{\circ} 00'$ при этом стремятся чтобы визирная ось совпадала с оптической. Поэтому изменять величину МО больше чем на $2'$ не рекомендуется, так как отклонение визирной оси от оптической будет значительным при перефокусировке трубы.

Измерение магнитных азимутов

Теодолит приводится в рабочее состояние, на конце алидады закрепляется буссоль. Вращая алидаду на горизонтальном круге устанавливается нулевое значение ($0^{\circ}00'$). После закрепительный винт алидады закручивают, а винт лимба ослабляют и вращая алидаду, приводят стрелку буссоли и штрихи-индексы в равновесие, при этом объектив зрительной трубы и северная стрелка буссоли по направлению совпадают. Винт лимба закрепляют. При выполнении всех операций горизонтальный круг оказывается ориентирован по магнитному меридиану. Затем при вращении только алидады зрительная труба наводится на искомую цель и снимается отсчет по горизонтальному кругу. Полученные отсчеты будут являться магнитными азимутами A_M .