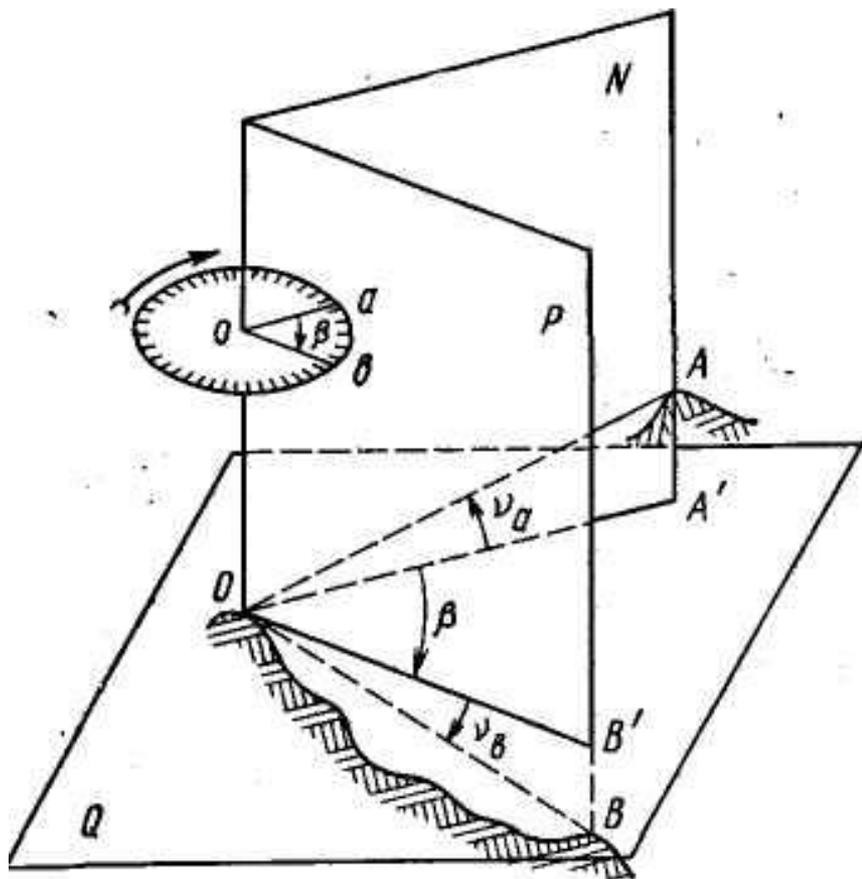


Угловые измерения

1. Принципы измерения горизонтальных и вертикальных углов
2. Теодолит. Поверки и юстировки теодолита 2Т30.
3. Приведение прибора в рабочее положение
4. Измерение горизонтальных и вертикальных углов (углов наклона) теодолитом, магнитных азимутов, расстояний

1. Принципы измерения горизонтальных и вертикальных углов

Угловые измерения производят для того, чтобы определить в пространстве взаимное положение точек местности.



Пусть имеем точки A , B и O , одна из которых, например O , служит вершиной угла AOB . На сторонах угла OA и OB построим две вертикальные плоскости N и P , а через его вершину проведем горизонтальную плоскость Q .

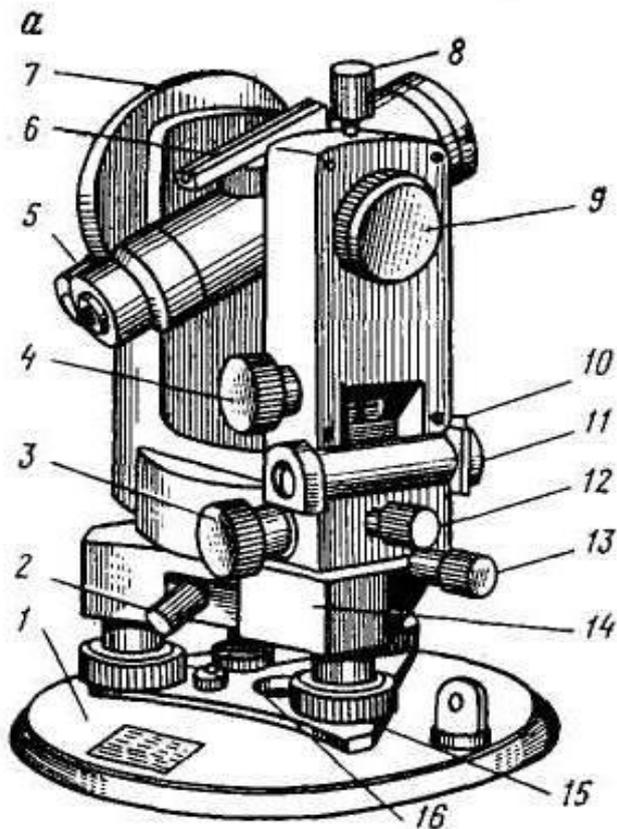
Рисунок 1 – Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов теодолитом

Под горизонтальным углом понимают двухгранный угол между вертикальными плоскостями N и P (это угол между проекциями сторон на горизонтальную плоскость). Он определяется углом между проекциями сторон OA и OB на горизонтальную плоскость Q , то есть углом $A'OB'$. Горизонтальный угол может принимать значения от 0° до 360° .

Под углом наклона понимают угол между стороной и ее проекцией на горизонтальную плоскость. На рисунке углом наклона стороны OA будет угол $A'O A = \nu_a$.

Углы наклона всегда отсчитываются от проекции к стороне. Если сторона выше проекции, то угол считают положительным, если ниже – отрицательным. На рисунке вертикальный угол BOB' отрицателен. Углы наклона могут принимать значения в пределах от -90° до $+90^\circ$.

2 Теодолит. Поверки и юстировки теодолита 2Т30.



Теодолит – геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний и магнитных азимутов линий (при помощи буссоли).

Рисунок 2 – Теодолит 2Т30

Классификация теодолитов

По точности:

- высокоточные средняя квадратическая ошибка измерения угла одним приемом до 1" (Т05, Т1)
- точные – 2-5" (Т2, Т5)
- технические – 15-60" (Т15, Т30, Т60)

По области применения: геодезические, астрономические, маркшейдерские (для строительства подземных сооружений) (добавляется буква М).

По конструкции отсчетного устройства: простые, повторительные, с уровнем при вертикальном круге, с компенсатором (добавляется буква К) и др.

Если оптика зрительной трубы прибора обеспечивает прямое изображение, то к обозначению марки прибора добавляют букву П, например Т30П.

При производстве усовершенствованных конструкций приборов к марке базовой модели добавляют соответствующую цифру, например 2Т30 (вторая модификация теодолита Т30).

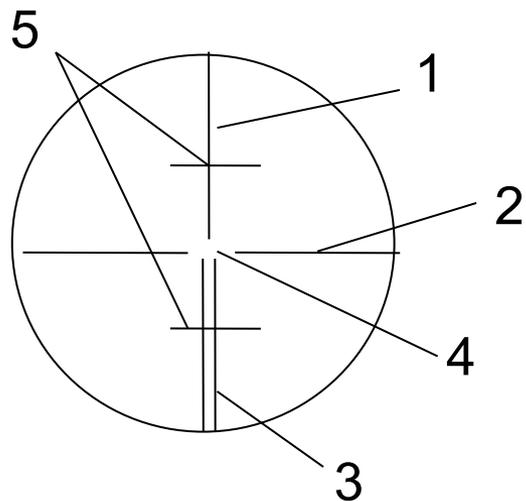
Основными частями современного теодолита являются: зрительная труба, уровни, рабочие меры и отсчетные приспособления.

Зрительные трубы в геодезических приборах используют для наведения на марки и другие визирные цели и для отсчитывания по рейкам.

Современные зрительные трубы состоят из объектива, окуляра, фокусирующей линзы и сетки нитей.

Они дают увеличенное обратное или прямое изображение.

Внутри зрительной трубы размещается сетка нитей.



- 1 – центральная вертикальная нить сетки нитей
- 2 – центральная горизонтальная нить сетки нитей
- 3 – биссектор
- 4 – перекрестие сетки нитей
- 5 – дальномерные нити

Рисунок 3 – Сетка нитей

Уровни используют для установки линий и плоскостей перпендикулярно или параллельно отвесной линии. Кроме того, уровни можно использовать для измерения малых вертикальных углов.

Уровень состоит из ампулы, наполненной жидкостью, оправы для предохранения ампулы и для ее установки на приборе.

Уровни бывают круглые и цилиндрические.

На наружной поверхности ампулы наносят штрихи. Точка, соответствующая средней части центрального деления ампулы, называется нуль-пунктом уровня.

Когда концы пузырька расположены симметрично относительно нуль-пункта, ось уровня занимает горизонтальное положение.

Рабочими мерами в теодолитах являются горизонтальные и вертикальные круги (лимбы).

Лимбы оптических теодолитов изготавливают из оптического стекла, они являются стеклянными дисками, на поверхности которых по окружности через заданный интервал (5 10, 20', ...) наносят деления.

Алидада фиксирует положение вертикальной проектирующей плоскости на лимбе горизонтального круга.

Отсчетные устройства предназначены для считывания отсчетов по вертикальному и горизонтальному лимбам теодолита. Различают отсчетные устройства:

- штриховые микроскопы, которые использовались в оптических теодолитах первых выпусков, типа ТЗО;
- шкаловые микроскопы которые применяют в современных оптических теодолитах технического класса, типа 2ТЗО, 2ТЗОП, 4ТЗОП.

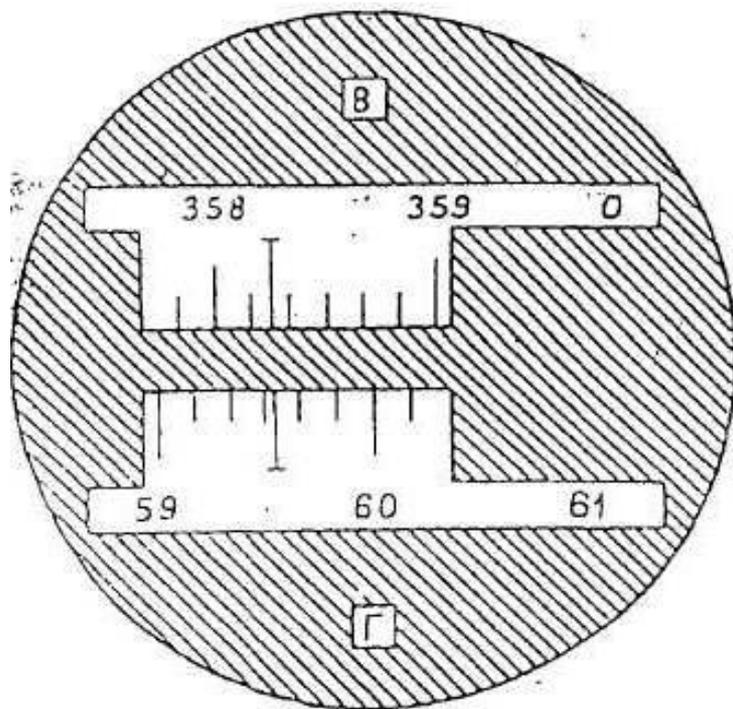


Рисунок 4 – Штриховой отсчетный микроскоп

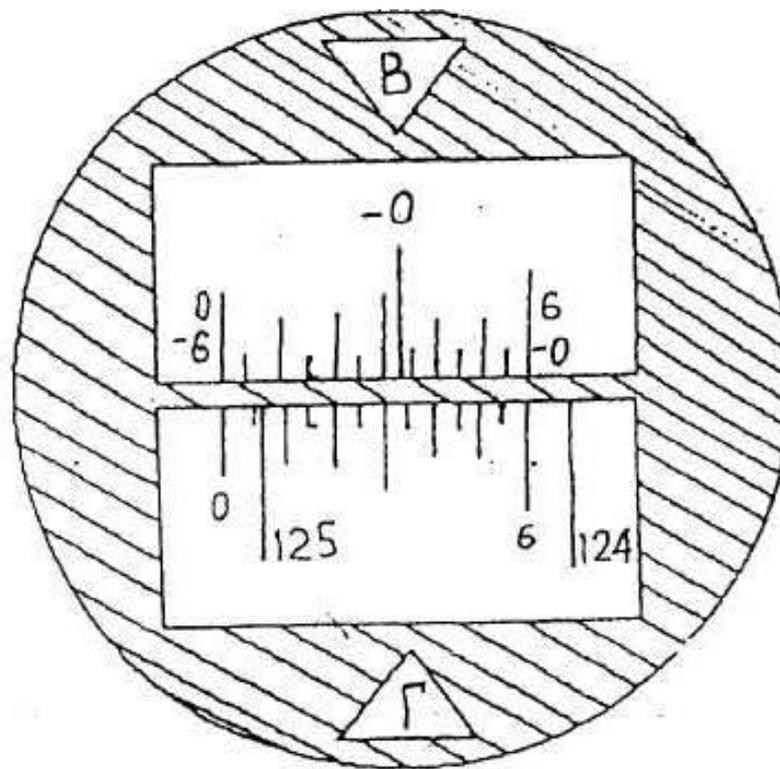


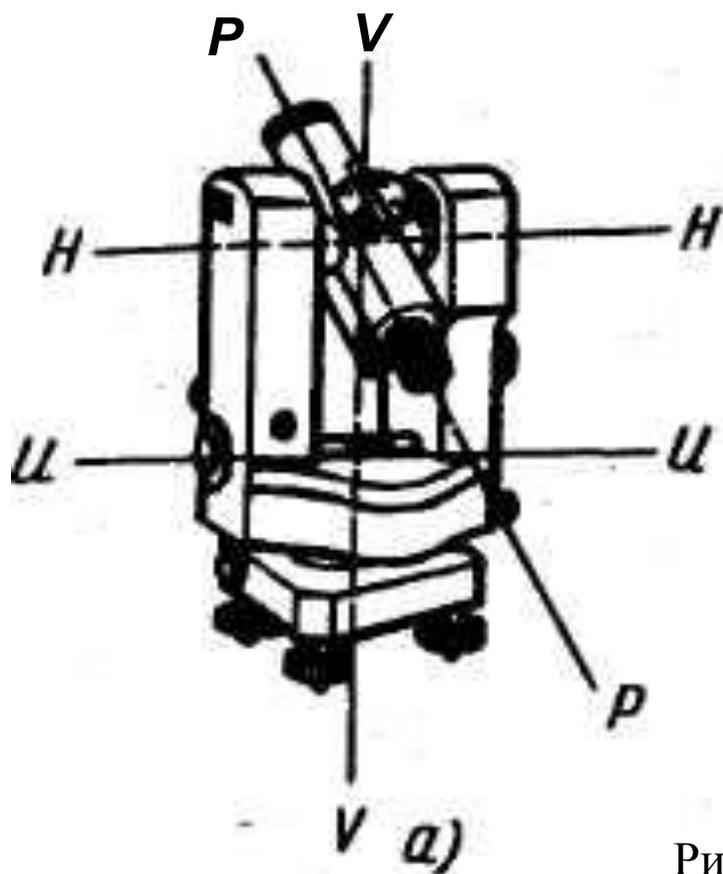
Рисунок 5 – Шкаловой отсчетный микроскоп

Винты:

- подъемные (для горизонтирования);
- наводящие (для точного наведения сетки нитей на цель);
- закрепительные (для фиксации отдельных частей прибора);
- юстировочные (исправительные — для юстировки).

До начала работы с теодолитом внешним осмотром проверяют его устойчивость на штативе, плавность хода подъемных и наводящих винтов, прочность фиксации вращающихся частей закрепительными винтами.

Если теодолит получен с завода, после ремонта, от другого специалиста, до ввода теодолита в эксплуатацию выполняют поверки.



VV – вертикальная ось прибора,
ось вращения прибора
HH – ось вращения зрительной
трубы
UU – ось цилиндрического уровня
горизонтального круга
PP – визирная ось зрительной
трубы

Рисунок 6 – Геометрическая схема теодолита

ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА

1. Ось UU цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси VV вращения прибора

Поверку выполняют в такой последовательности. Теодолит устанавливают на штативе так, чтобы уровень был расположен по направлению двух любых подъемных винтов и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня в нуль-пункт, затем поворачивают горизонтальный круг теодолита на 180° . Если пузырек остался на середине или отклонился не более чем на одно деление, уровень исправен, если более чем на одно деление — неисправен.

Для устранения неисправности пузырек перемещают исправительными винтами уровня к нуль-пункту на одну половину дуги отклонения, подъемными винтами — на вторую.

2. Визирная ось PP трубы должна быть перпендикулярна оси HH вращения трубы

Поверку выполняют в такой последовательности.

Вертикальную ось теодолита приводят в отвесное положение.

Наводят трубу на удаленную, ясно видимую точку, закрепляют лимб и берут отсчет a_1 по горизонтальному кругу. Отпускают зажимной винт зрительной трубы и переводят трубу через зенит. Открепляют зажимной винт алидады и, наводя трубу на ту же точку, берут повторный отсчет a_2 . Если отсчеты a_1 и a_2 равны или отличаются не более чем на двойную точность отсчетного устройства, теодолит исправен, если больше — неисправен.

Юстировка.

Чтобы устранить неисправность, из отсчетов a_1 и a_2 находят среднее значение: $a = (a_1 + a_2) / 2$. Микрометренным винтом устанавливают на горизонтальном круге средний отсчет a (изображение точки сместится от вертикальной нити).

Снимают с окулярного колена трубы колпачок, ослабляют вертикально расположенные винты и вращением боковых исправительных винтов смещают сетку до совпадения перекрестия сетки нитей с точкой визирования. После юстировки закрепляют винты.

Можно измерять угол и при нарушенном соотношении осей. В этом случае отсчеты берут при двух положениях трубы — левом и правом (Л и П) и из этих отсчетов определяют среднее.

3. Ось NN вращения трубы должна быть перпендикулярна оси W вращения прибора

Поверку выполняют в такой последовательности.

Теодолит устанавливают на расстоянии 8... 10 м от стены здания.

Вертикальную ось вращения приводят в отвесное положение.

Трубу наводят на точку, высоко расположенную на здании, и закрепляют горизонтальный круг. Трубу плавно опускают до горизонтального положения. На стене отмечают проекцию точки.

Переводят трубу через зенит, опускают закрепительный винт алидады и снова наводят на ту же точку. Проецируют точку на тот же уровень и закрепляют. Если проекции точки совпадают, теодолит исправен, если не совпадают — неисправен.

Условия этой поверки гарантируются заводом-изготовителем.

При нарушении условия прибор направляют в мастерскую для ремонта.

4.Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси НН ее вращения

Поверку выполняют в такой последовательности.

Вертикальную ось вращения теодолита приводят в отвесное положение.

На расстоянии 8... 10 м от теодолита закрепляют отвес.

Вертикальную нить наводят на отвес. Если вертикальная нить сетки совпадает с нитью отвеса, теодолит исправен, если отклонилась от отвеса — неисправен.

Чтобы исправить соотношение осей, снимают с окулярного колена трубы колпачок, ослабляют исправительные винты сетки и поворачивают диафрагму так, чтобы вертикальная нить сетки совместилась с нитью отвеса.

При нарушении условия поверки визируют только перекрестием сетки нитей.

После выполнения этой поверки повторно делают вторую поверку.

3. Приведение прибора в рабочее положение

Установка теодолита в рабочее положение включает в себя следующие действия:

- центрирование;
- приведение оси вращения прибора в отвесное положение (горизонтирование);
- установка зрительной трубы и отсчетного микроскопа по глазу;
- ориентирование для наблюдения.

Центрирование — процесс установки вертикальной оси теодолита на одной отвесной линии с вершиной угла или съемочной точкой обоснования.

Центрирование осуществляют с помощью нитяного отвеса или оптического центрира.

Штатив с закрепленным на нем теодолитом устанавливают таким образом, чтобы отвес оказался приблизительно над точкой, наблюдая при этом за тем, чтобы плоскость головки штатива была близкой к горизонтальной.

Нажимая ногой на упоры наконечников ножек штатива и вдавливая их в грунт, добиваются более точного центрирования прибора.

Затем, ослабив становой винт, перемещают теодолит по головке штатива, осуществляя таким образом окончательное центрирование с точностью порядка 5 мм, после чего вновь закрепляют становой винт.

Приведение оси вращения прибора в отвесное положение (горизонтирование) осуществляют по выверенному цилиндрическому уровню горизонтального круга. Для этого поворотом алидады размещают цилиндрический уровень приблизительно параллельно двум подъемным винтам и, одновременно вращая их в противоположных направлениях, выводят пузырек уровня на середину. Повернув алидаду ориентировочно на 90° по направлению третьего подъемного винта и действуя им, вновь выводят пузырек уровня на середину. Обычно эту операцию повторяют несколько раз до тех пор, пока пузырек уровня не будет сходиться с нуль-пункта при всех положениях алидады вертикального круга.

Установку зрительной трубы и микроскопа отсчетного устройства по глазу обычно осуществляют один раз перед началом работы.

Предварительно наводят зрительную трубу на светлый фон и, вращая диоптрийное кольцо окуляра, добиваются резкого изображения сетки нитей в поле зрения трубы.

Аналогичным образом вращением диоптрийного кольца отсчетного микроскопа добиваются четкого изображения делений и оцифровки на лимбах вертикального и горизонтального кругов.

Необходимую яркость изображения отсчетного микроскопа обеспечивают соответствующим разворотом зеркала подсветки.

Ориентирование для наблюдения заключается в приближенном наведении зрительной трубы на предмет с помощью оптического визира при открепленной алидаде (или лимбе), установке зрительной трубы по предмету вращением фокусирующего винта (кремальеры), точной наводке на предмет с помощью наводящего винта при закрепленной алидаде (или лимбе) и, если необходимо, в устранении параллакса сетки нитей.

4. Измерение горизонтальных и вертикальных углов (углов наклона) теодолитом, магнитных азимутов, расстояний

Способы измерения горизонтального угла:

1. Способ приемов
2. Способ круговых приемов
3. Способ совмещения нулей лимба и алидады

Способ приемов состоит в измерении справа по ходу лежащего угла

Измерения выполняют при двух положениях вертикального круга—при круге «лево» (КЛ) и круге «право» (КП).
Для измерения угла ABC (рис. 7, а) закрепляют лимб и визируют трубу на заднюю точку A . Затем, закрепив алидаду, считывают по горизонтальному кругу отсчет a .
Открепляют алидаду и визируют трубу на переднюю точку B и, закрепив алидаду, считывают передний отсчет b . Одно такое измерение называют полуприемом.

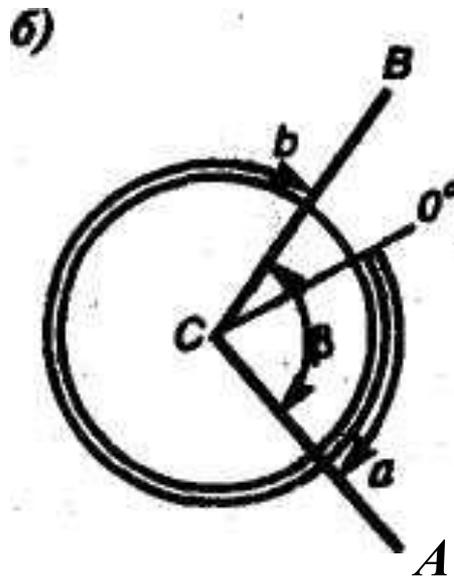
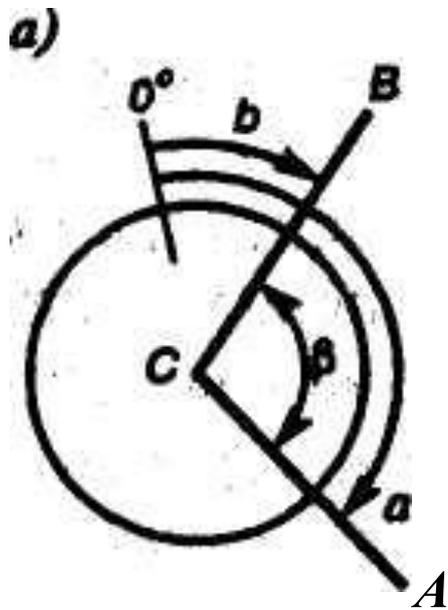


Рисунок 7 – Способ приемов

Искомый справа по ходу лежащий угол β определяют по правилу: отсчет назад a минус отсчет вперед b :

$$\beta = a - b$$

Второй полуприем выполняют, переведя трубу через зенит, при положении «круг право» (КП) и при новом положении лимба, который смещают на 90° . Два полуприема составляют *полный прием*. Расхождение результатов между двумя полуприемами не должно превышать удвоенной точности теодолита $\pm 2t$. Если расхождение допустимо, то в качестве окончательного результата берут среднее значение из результатов двух измерений.

Способ круговых приемов. Если при какой-либо точке О имеется несколько направлений и требуется измерить несколько горизонтальных углов (рис. 8)

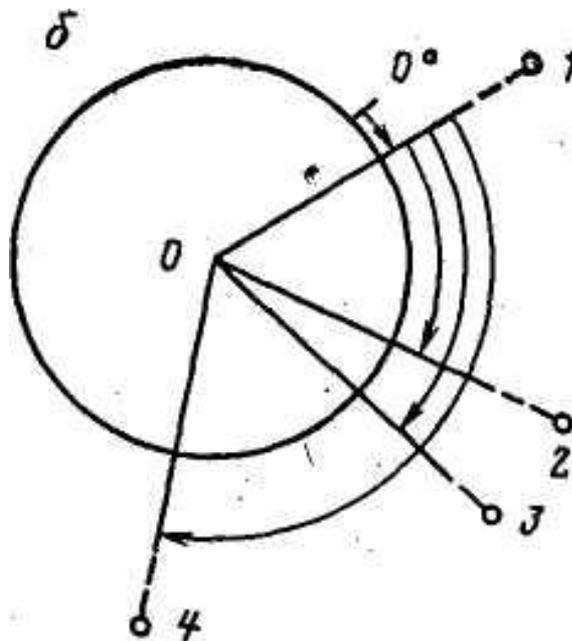


Рисунок 8 – Способ круговых приемов

В этом способе прибор центрируют над точкой О, приводят в рабочее положение и выбирают в качестве начального направление на достаточно удаленный и хорошо видимый пункт. (Установив на лимбе отсчет, близкий к нулю ($0^{\circ}02'$), движением лимба наводят центр сетки зрительной трубы на точку и записывают полученный при этом отсчет.)

Закрепив лимб и вращая алидаду по часовой стрелке, последовательно визируют на точки 2, 3 и 4 при круге лево, отсчеты записывают в журнал.

Полуприем заканчивается повторным наведением и отсчетом на начальный пункт 1. Сравнивая между собой начальный и конечный отсчеты на точку 1 («замыкание горизонта») убеждаются, что их расхождение, не превышает двойной точности отсчетного устройства ($2'$ для теодолита ТЗО) и приступают ко второму полуприему.

Переводят трубу через зенит, визируют на начальный пункт 1 (при круге право).

Наблюдения остальных пунктов во втором приеме выполняют, вращая алидаду против часовой стрелки.

Способ совмещения нулей лимба и алидады используют, когда необходимо оценить значение измеряемого угла.

Совместив нули, осуществляют точную наводку перекрестья нитей зрительной трубы на переднюю точку В (рис.7). Закрепив лимб и открепив алидаду, визируют трубу на заднюю точку А. Отсчет по горизонтальному кругу непосредственно выразит значение измеряемого справа по ходу лежащего угла. Данный способ часто используют для быстрого контроля измерений.

Измерение магнитного азимута направлений

Магнитные азимуты направлений измеряют теодолитом при помощи ориентир-буссоли.

Для этого ориентир-буссоль устанавливают в специальный паз, имеющийся на вертикальном круге теодолита, и закрепляют ее винтом. Положение магнитной стрелки наблюдают в зеркале, которому придают нужный наклон. Магнитная стрелка показывает направление магнитного меридиана, от которого отсчитывают магнитный азимут или румб заданного направления.

Теодолит с ориентир-буссолью устанавливают над исходной точкой и приводят его в рабочее положение. Совмещают нулевые штрихи лимба и алидады, закрепляют алидаду, открепляют лимб и, освободив магнитную стрелку буссоли, ориентируют зрительную трубу на север.

Закрепив лимб, его наводящим винтом добиваются точного совпадения северного конца магнитной стрелки с нулевым штрихом шкалы буссоли.

Открепляют алидаду и ориентируют зрительную трубу теодолита на заданное направление. Затем берут отсчет по горизонтальному кругу, который соответствует искомому магнитному азимуту направления. В необходимых случаях измерения повторяют несколько раз.

Измерение углов наклона

Угол наклона V называют углом в вертикальной плоскости между горизонтальной линией и визирным лучом, направленным на наблюдаемую точку.

Для получения величины угла наклона визирной оси по вертикальному кругу теодолита необходимо знать место нуля вертикального круга, обозначаемое символом $МО$.

Местом нуля $МО$ называют отсчет по вертикальному кругу теодолита при горизонтальном положении визирной оси трубы и исходном положении отсчетного устройства. (отсчет, соответствующий горизонтальному положению визирной оси трубы).

Для теодолита ТЗ0 (2ТЗ0): $МО = (КЛ + КП)/2$

Для измерения угла наклона прибор приводят в рабочее положение (центрируют, приводят ось вращения прибора в отвесное положение и наводят трубу для наблюдения).

Для наведения трубы на точку отпускают закрепительные устройства трубы и алидады; приближенно наводят трубу на наблюдаемую точку и закрепляют их, после чего, действуя наводящими устройствами алидады и трубы, совмещают точку пересечения нитей с изображением наблюдаемой точки.

При измерении углов наклона теодолитом ТЗО перед отсчитыванием по вертикальному кругу необходимо с помощью подъемных винтов привести на середину ампулы пузырек уровня при алидаде горизонтального круга.

Записывают отсчет по вертикальному кругу при КЛ.

Повторяют те же действия при КП.

Угол наклона вычисляют по формулам:

$$v = (КЛ - КП)/2$$

$$v = КЛ - МО$$

$$v = МО - КП$$

Измерение расстояний теодолитом

Измерение расстояний теодолитом выполняется при помощи нитяного дальномера.

Порядок измерения расстояний см. в лекции «Линейные измерения».