

# Угловые измерения.

1. Теодолиты: их назначение и виды, основные оси и части прибора.
2. Поверки и юстировка теодолитов.
3. Приведение теодолита в рабочее положение.
4. Измерение горизонтальных направлений (углов).
5. Измерение вертикальных направлений (углов).

**Теодолит** – это геодезический прибор, служащий для измерения горизонтальных и вертикальных (зенитных) направлений.

### Устройство теодолита



Для правильной работы с геодезическими измерительными приборами важно знать их устройство. В этой части программы вы сможете ознакомиться с устройством теодолита, узнаете об основных частях этого прибора и об их назначении.

Рис. 1

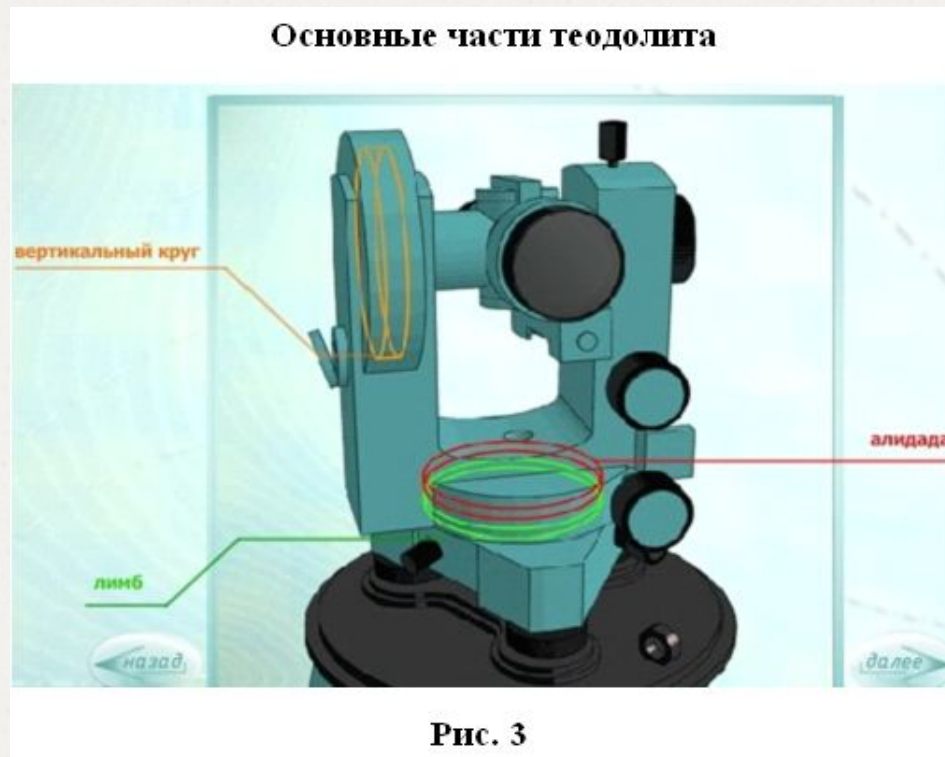
### Типы теодолитов



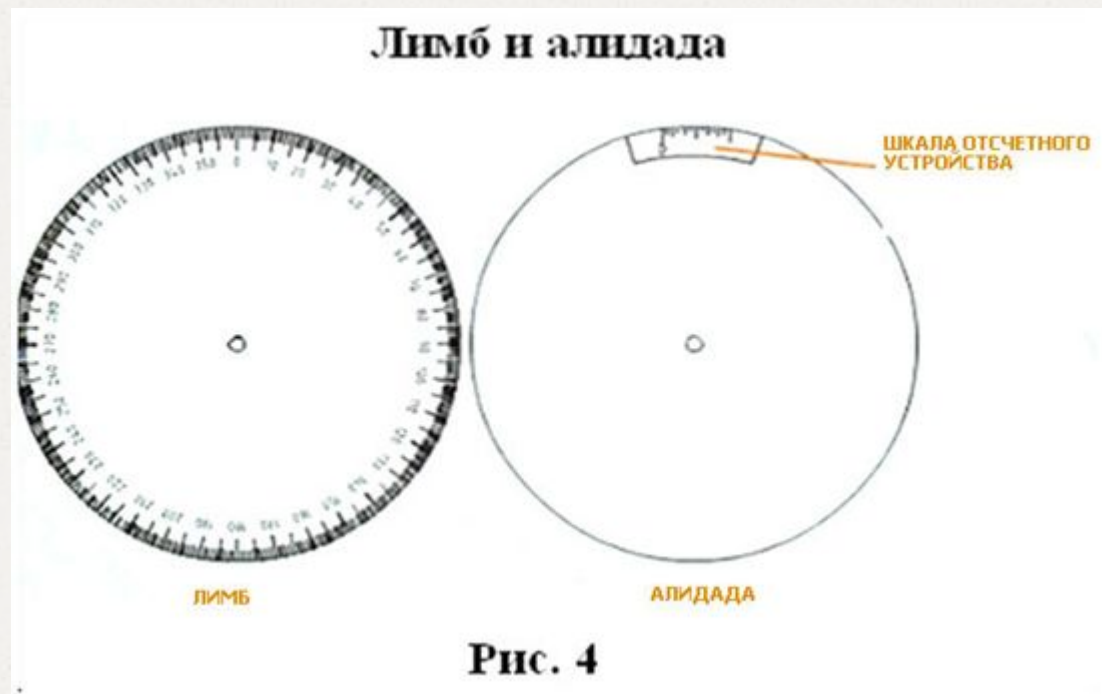
а) высокоточные Т1   б) точные Т2 и Т5   в) технические Т15 и Т30

Рис. 2

**Основными частями любого теодолита являются лимб, алидада, зрительная труба.**



Угломерный круг, по краю которого нанесена шкала с градусными делениями, называется **лимбом**.  
В плоскости угломерного круга с лимбом вращается второй круг – **алидада**.



Лимб, алидада и зрительная труба имеют **закрепительные и наводящие винты.**

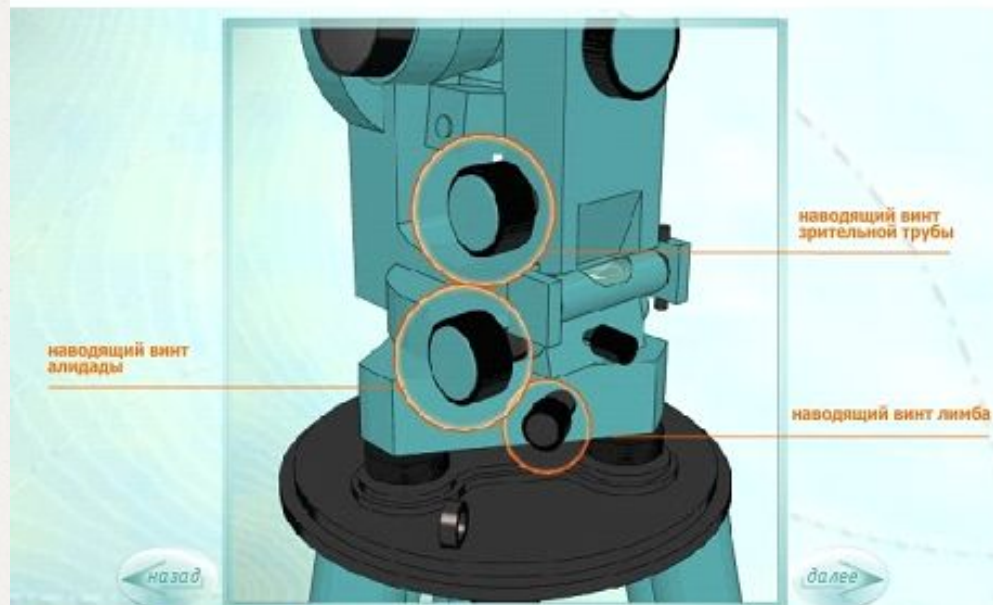
### Закрепительные винты теодолита



Для фиксации вращающихся частей теодолита имеются: **закрепительный винт лимба, закрепительный винт алидады и закрепительный винт зрительной трубы.**

Рис. 5

## Наводящие винты теодолита



**Наводящий винт лимба** служит для микрометричного вращения теодолита вместе с лимбом. Точное наведение зрительной трубы на предмет в горизонтальной плоскости осуществляется **наводящим винтом алидады**, а в вертикальной плоскости - **наводящим винтом зрительной трубы**. Все наводящие винты работают только при зажатом соответствующем закрепительном винте.

Рис. 6

Плоскость лимба приводится в горизонтальное положение с помощью **трех подъемных винтов и цилиндрического уровня**.

Для грубой наводки трубы на предмет служит **оптический визир**.

Для производства отсчетов по лимбу рядом с окуляром зрительной трубы располагается **микроскоп**, свет в который направляется с помощью специального **зеркальца**. Для прикрепления теодолита к штативу служит **становой винт**.

### Устройство подставки

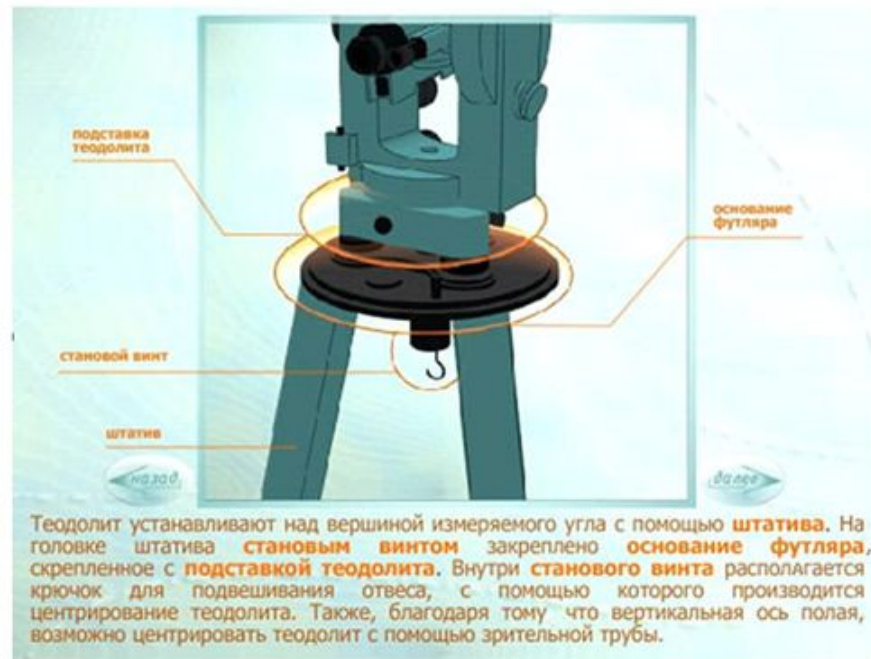


Рис. 7



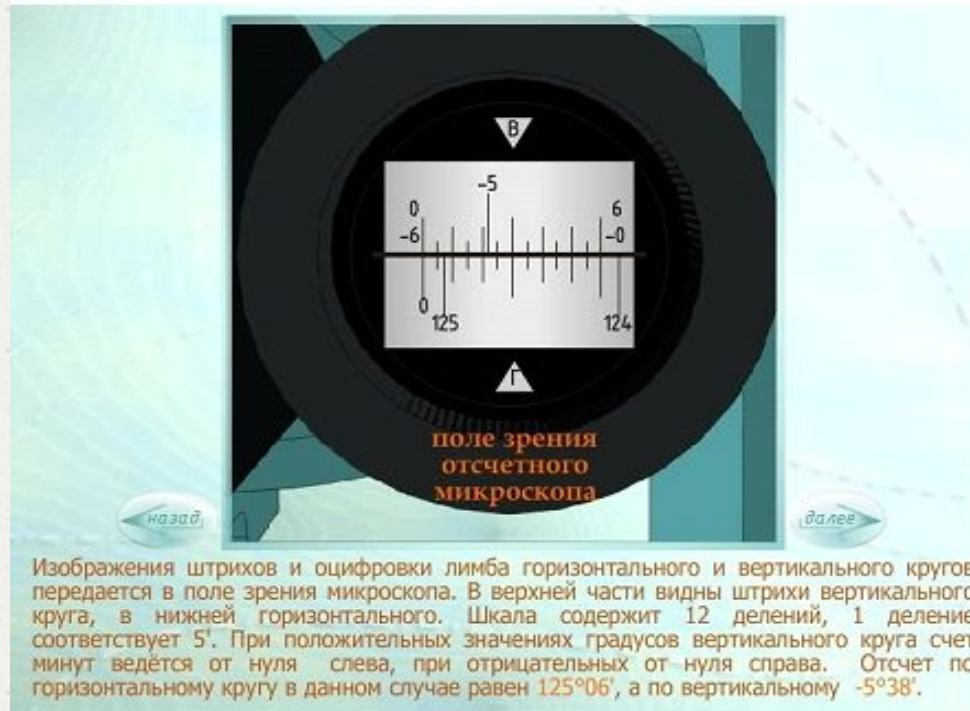
## Оси теодолита



Рис. 8

# Отсчётные устройства

Вид шкалового микроскопа



Изображения штрихов и оцифровки лимба горизонтального и вертикального кругов передается в поле зрения микроскопа. В верхней части видны штрихи вертикального круга, в нижней горизонтального. Шкала содержит 12 делений, 1 деление соответствует  $5'$ . При положительных значениях градусов вертикального круга счет минут ведётся от нуля слева, при отрицательных от нуля справа. Отсчет по горизонтальному кругу в данном случае равен  $125^{\circ}06'$ , а по вертикальному  $-5^{\circ}38'$ .

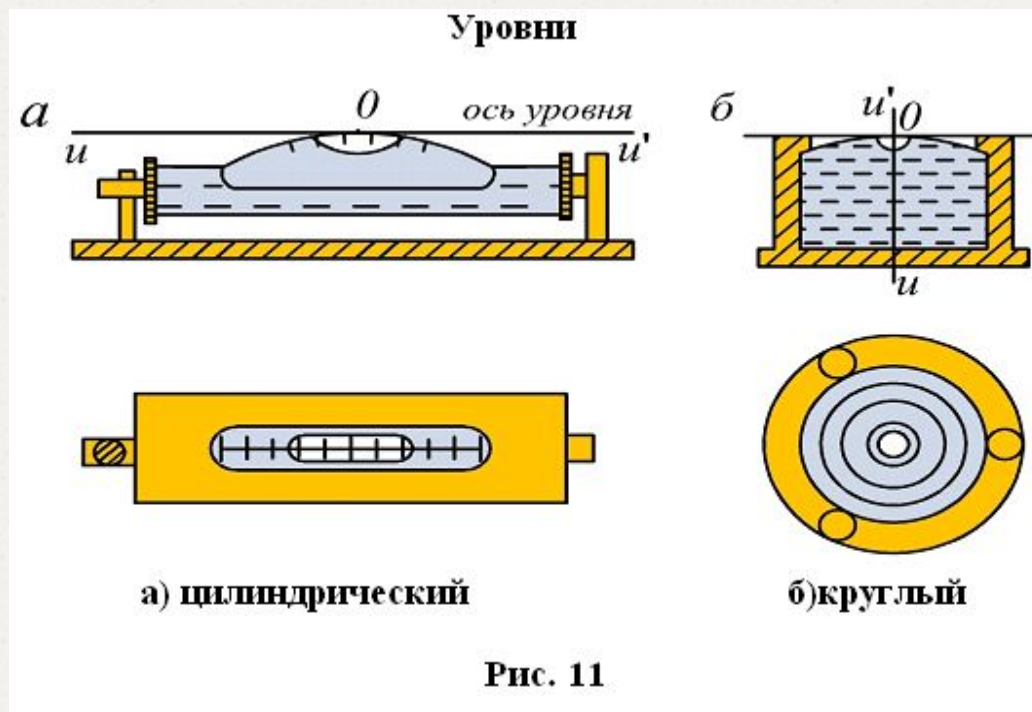
Рис. 10

# Уровни

Уровни бывают **круглыми** и **цилиндрическими**. Цилиндрический уровень состоит из стеклянной трубки, верхняя часть которой представляет дугу большого радиуса. На верхней части ампулы имеется шкала делений через **2 мм**. Центральный штрих шкалы называется **нуль – пунктом**.

Прямая, касательная к внутренней поверхности уровня в его нуль-пункте, называется **осью цилиндрического уровня**.

Чем больше радиус, тем меньше цена деления и тем уровень точнее.



## Зрительная труба

Зрительная труба геодезических приборов состоит из **объектива** и **окуляра**.

Вблизи переднего фокуса окуляра помещается металлическое кольцо, называемое **диафрагмой** со стеклянной пластинкой, на которой награвированы тонкие нити, составляющие **сетку нитей**. Сетка нитей снабжена четырьмя исправительными винтами, позволяющими перемещать сетку нитей в своей плоскости.

Прямая, соединяющая перекрестки сетки нитей с оптическим центром объектива, называется **визирной осью трубы**.



Зрительная труба может вращаться на 360°. Фокусирование зрительной трубы на предмет осуществляется вращением **кремальеры**. **Диоптрийное кольцо** служит для установки резкости изображения сетки нитей по глазу. Под **колпачком** находятся исправительные винты сетки нитей.

**Поверки** теодолита заключаются в установлении правильности выполнения ряда геометрических условий, предъявляемых к прибору. Исправления замеченных неисправностей называется **юстировкой**.

### Поверки и юстировки





	<p><u>Поверка 1</u> Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения прибора</p>		<p><u>Поверка 2</u> Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения прибора</p>
	<p><u>Поверка 3</u> Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы</p>		<p><u>Поверка 4</u> Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора</p>

Рис. 16

**1-я поверка. Ось уровня должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора**

Устанавливают уровень параллельно двум подъёмным винтам

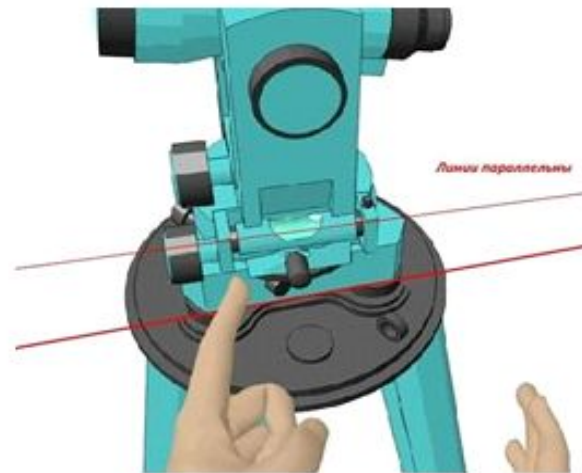
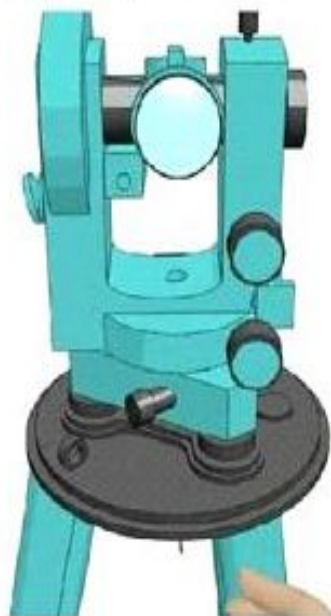


Рис. 17

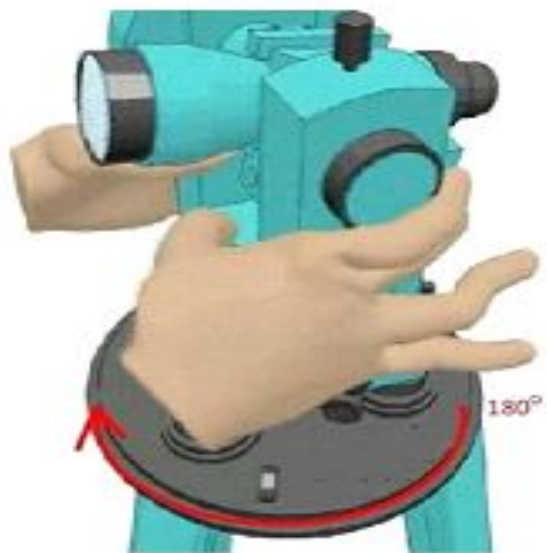


**Одновременно вращая их в разные стороны,  
приводят пузырёк уровня на середину ампулы**



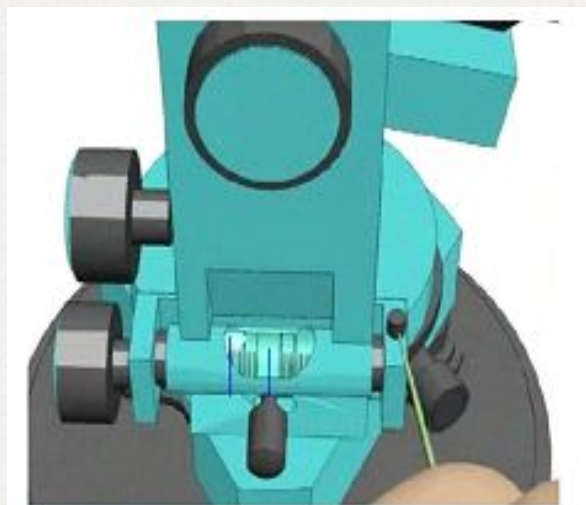
**Рис. 18**

## Смена круга



**Рис. 19**

Если пузырек отклонился от середины более чем на одно деление, то исправительными винтами уровня пузырек перемещают к середине ампулы на половину дуги отклонения.



**Рис. 20**

На вторую половину пузырек уровня перемещают при помощи тех же подъемных винтов. Для контроля поверку повторяют.



**2-я поверка. Одна из нитей сетки должна быть горизонтальна, другая – вертикальна**

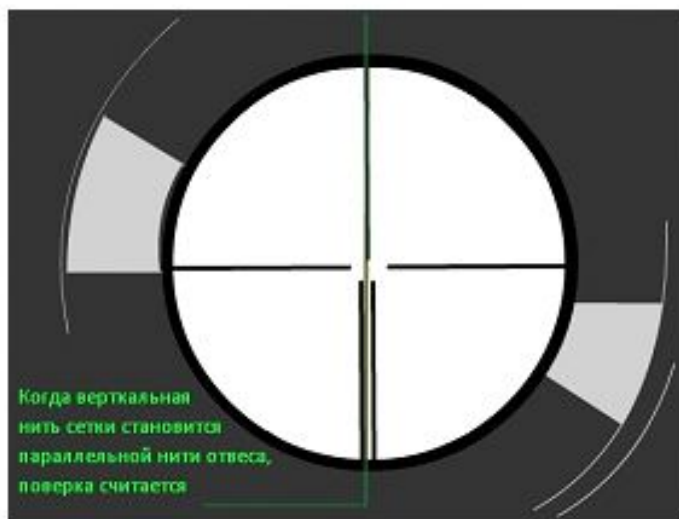
Вертикальную нить сетки наводят на нить отвеса.  
Если они будут совпадать – условие выполнено



Рис. 22

В противном случае отверткой ослабляют четыре крепежных винта окуляра, расположенных под колпачком, и поворачивают окулярную часть трубы до совмещения вертикальной нити сетки с нитью отвеса, после чего винты вновь закрепляют.

**Для контроля поверку повторяют**



Когда вертикальная  
нить сетки становится  
параллельной нити отвеса,  
поверка считается

**Рис. 23**

**3-я поверка. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы (коллимационная ошибка)**

Для выявления коллимационной ошибки **выбирают удаленную, хорошо видимую точку**, расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна.

Наведение при круге право

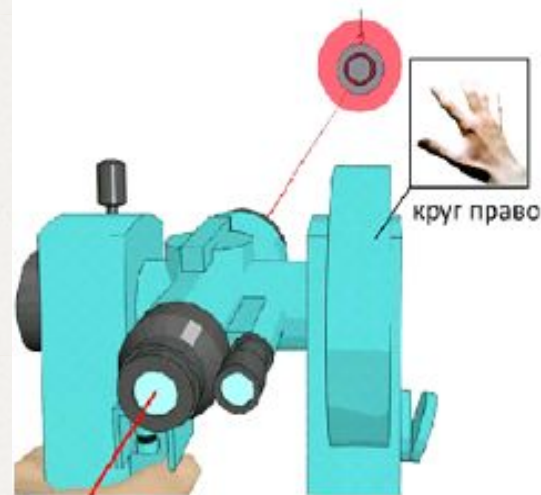


Рис. 24

Находят **пересечение нитей на эту точку** и производят отсчет по горизонтальному кругу.

**Например**, при круге право он равен **198°33,0'**

Поле зрения трубы  
при круге право



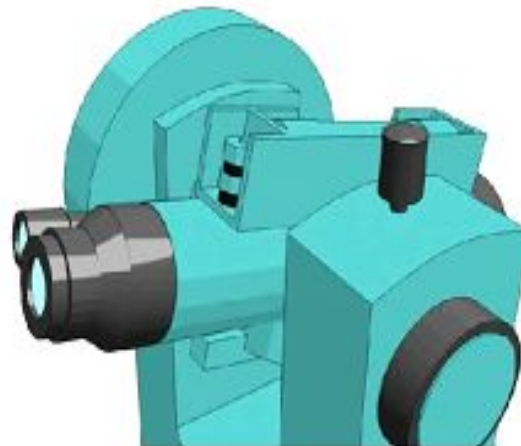
Рис. 25



Наводят пересечение  
нитей на ту же точку  
при круге лево и  
производят отсчет.

**Например: КЛ =  $18^{\circ} 30,0'$**

**Затем переводят трубу через  
зенит, открепляют алидаду**

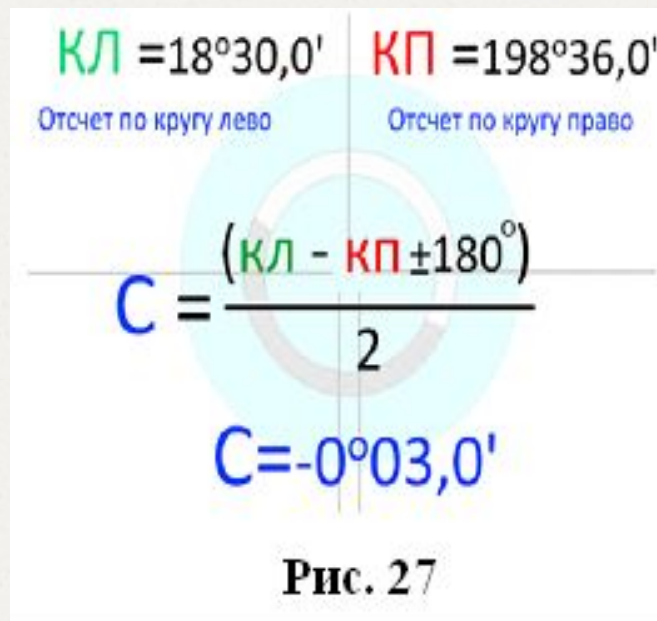


**Рис. 26**

Величину  
коллимационной  
ошибки **C** вычисляют  
по формуле:

$$C = (КЛ - КП \pm 180^\circ) / 2$$

Знак перед **180°** выбирается в зависимости от знака слагаемого **КЛ-КП**; если оно положительно, то знак «-», если отрицательно, то «+».



## В примере:

$$C = (18^{\circ}30' - 198^{\circ}36' + 180^{\circ}) / 2 = -0^{\circ}03,0'$$

Если **C** не превышает двойную точность по шкале прибора, то исправление не производится. В нашем примере точность шкалы теодолита **T30** составляет **0,5'**, и значение **C > 1'** недопустимо.

$$КЛ = 18^{\circ}30,0'$$

Отсчет по кругу лево

$$КП = 198^{\circ}36,0'$$

Отсчет по кругу право

в нашем случае величина  $C > 2 * 0,5'$

т.е.  $C > 1'$  имеет недопустимое значение

недопустимо

$$C = -0^{\circ}03,0'$$

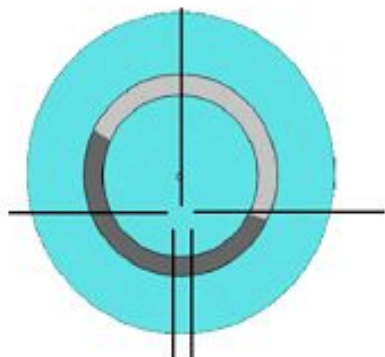
Рис. 28

Если **C** превышает двойную точность отсчета по шкале прибора, то нужно исправить положение визирной оси. Для этого вычисляют **исправленный отсчет** по горизонтальному кругу, в котором число градусов берется из последнего отсчета, а количество минут вычисляется как среднее арифметическое числа минут обоих отсчетов.



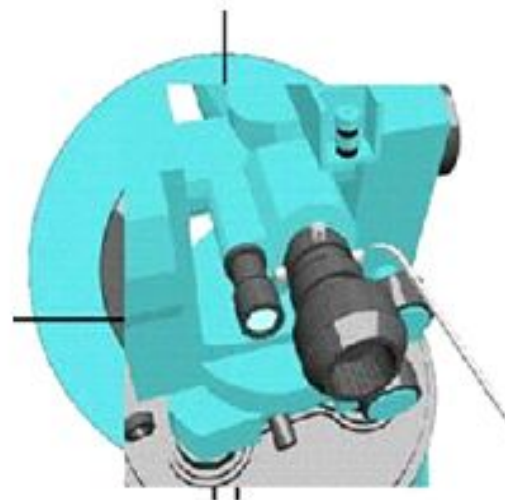
В приведенном примере исправленный отсчет будет равен  $18^{\circ}33,0'$ , его устанавливают по горизонтальному кругу наводящим винтом алидады. Пересечение нитей сойдет с точки.

**Поле зрения трубы при исправлении**



**Рис. 30**

**Исправление шпилькой**



**Рис. 31**

**4-я поверка. Ось вращения зрительной трубы**  
**должна быть перпендикулярна вертикальной оси**  
**теодолита (гарантируется заводом)**

Выбирают на стене точку, расположенную под углом  $40-50^\circ$  к горизонту

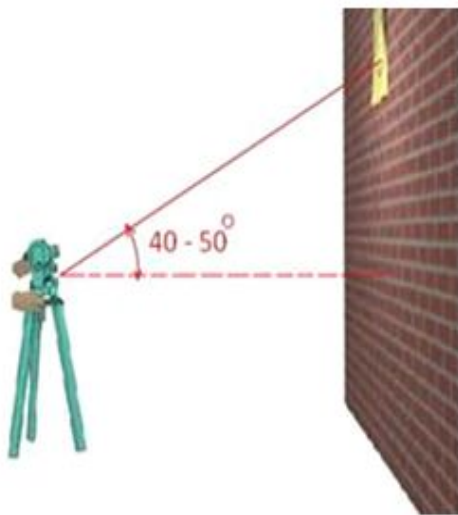


Рис. 32

Наводят на неё зрительную трубу и закрепляют алидаду



Рис. 33

**Опускают трубу до горизонтального положения**



**Рис. 34**

**И отмечают на стене проекцию точки**



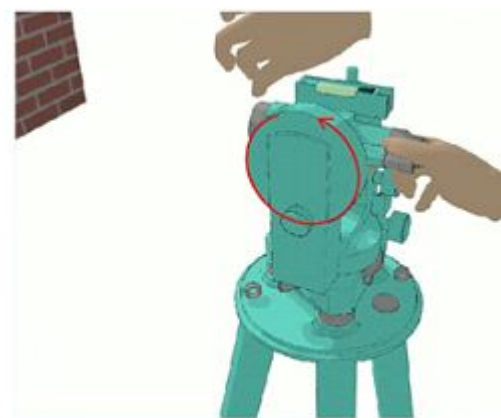
**Рис. 35**

**Поворачивают алидаду на 180°**



**Рис. 36**

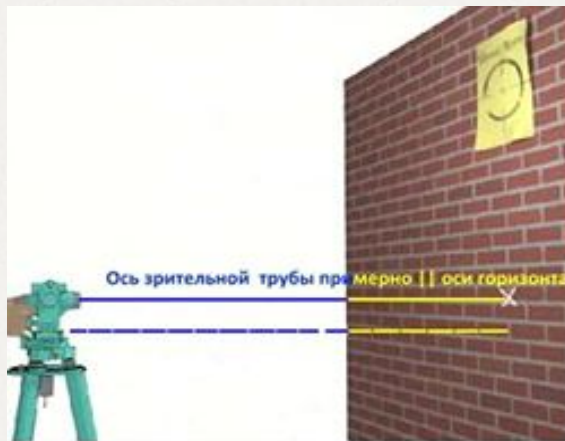
**Переводят трубу через зинит**



**Рис. 37**



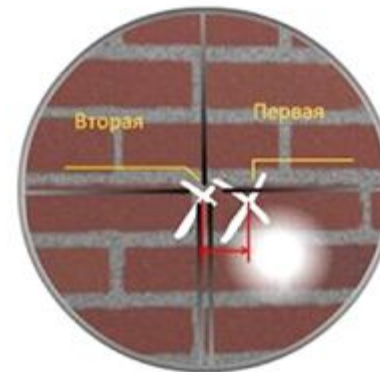
**Снова наводят перекрестие нитей сетки на точку и опускают трубу до горизонтального положения.**



**Рис. 38**

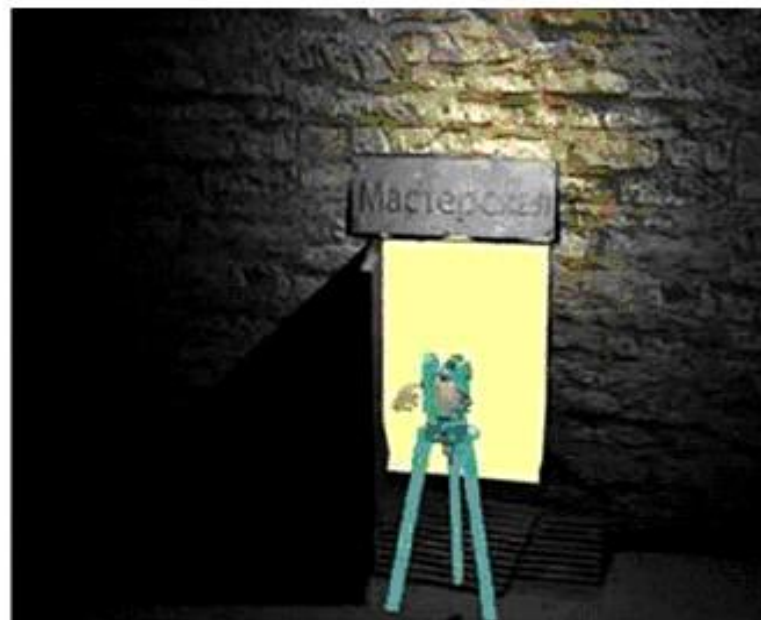
**Если отметки совпадут, условие выполнено.**

**Снова отмечают проекцию точки на стене**



**Рис. 39**

**В противном случае ремонт  
производится в мастерской**



**Рис. 40**

### 3. Приведение теодолита в рабочее положение

3.1. Центрирование  
теодолита заключается  
в установке центра  
лимба над вершиной  
измеряемого угла с  
помощью отвеса.

Центрирование прибора



Рис. 41

## 3.2 Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение

Устанавливают уровень параллельно двум подъемным винтам и с их помощью перемещают пузырек на середину.

Поворачивают алидаду на  $90^\circ$  и третьим подъемным винтом устанавливают пузырек уровня в нуль-пункт.

Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение I часть

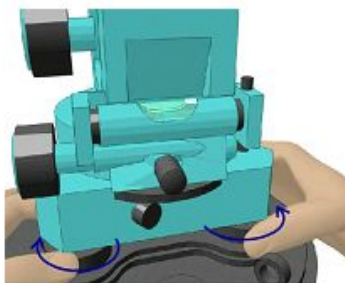


Рис. 42

Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение II часть

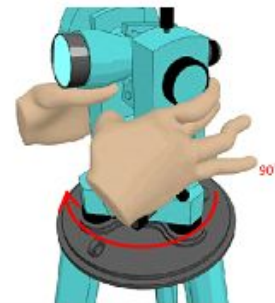
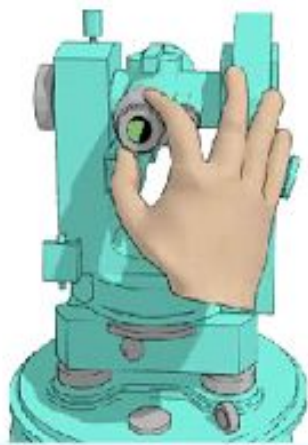


Рис. 43

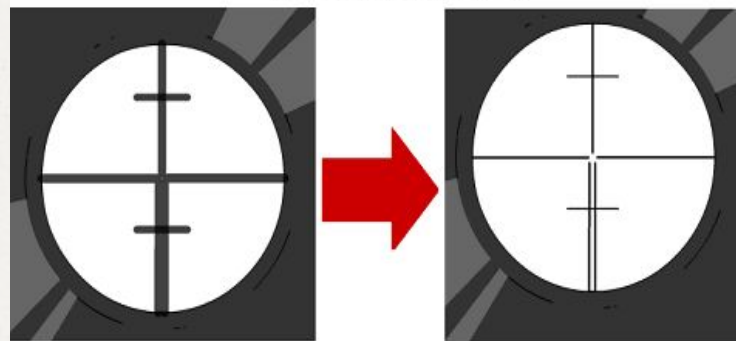
**3.3 Установка трубы по глазу** производится вращением диоптрийного кольца до наилучшей видимости нитей сетки, при этом труба должна быть наведена на светлый фон.

**Установка трубы по глазу**



**Рис. 44**

**Поле зрения трубы**



**Рис. 45**

**3.4 Установка трубы по предмету** производится с помощью кремальеры, вращением которой добиваются четкого изображения предмета.

**Поле зрения трубы**



**Рис. 47**

**Измерение горизонтальных углов** может быть выполнено способом приемов, способом повторений и способом круговых приемов. В инженерной практике наиболее распространенным является **способ приемов**.

### Принцип измерения горизонтального угла

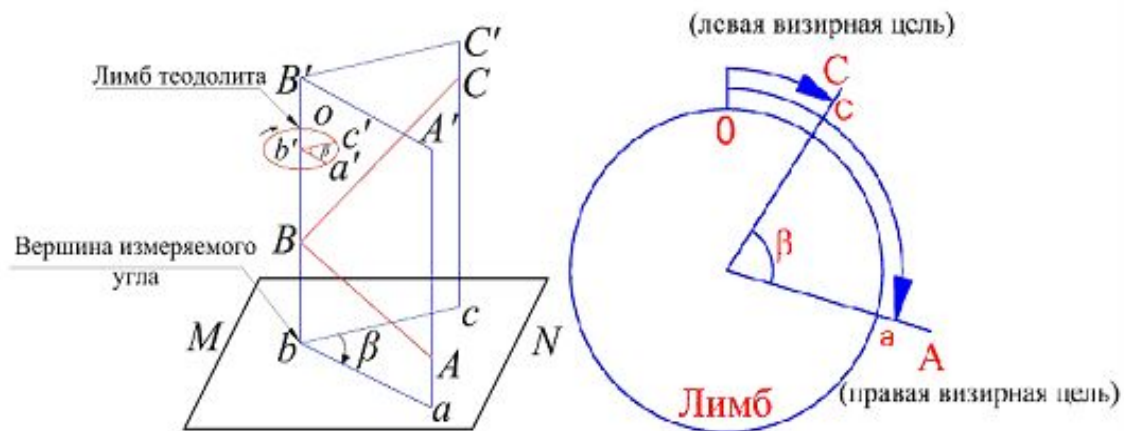
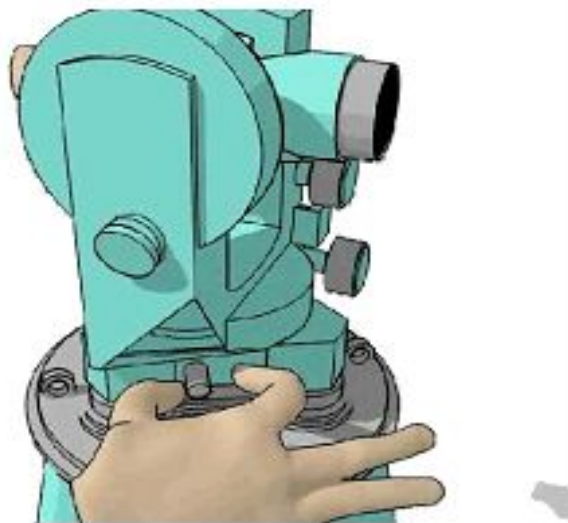


Рис. 48

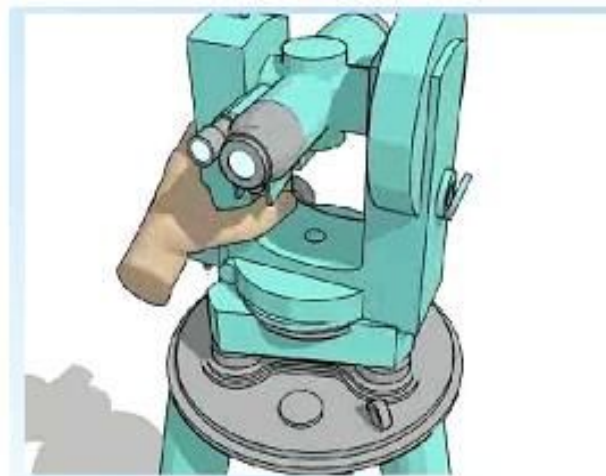
Измерение начинается с наведения на правую точку.  
Измерение угла состоит из двух полуприемов (**КП**,  
**КЛ**). Между полуприемами лимб сбивают на **1–2°**.

**Закрепление лимба**



**Рис. 49**

**Грубое наведение на правую  
визирную цель**



**Рис. 50**

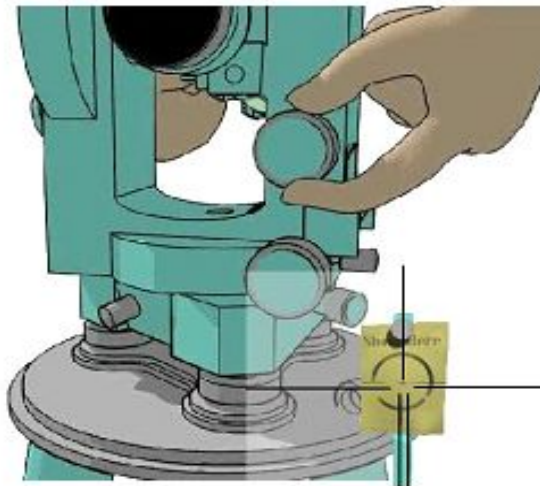


Затем с помощью наводящих винтов алидады и зрительной трубы производят окончательное наведение на визирную цель.

Далее производят отсчет **с правой визирной цели.**

Отсчет записывают в журнал.

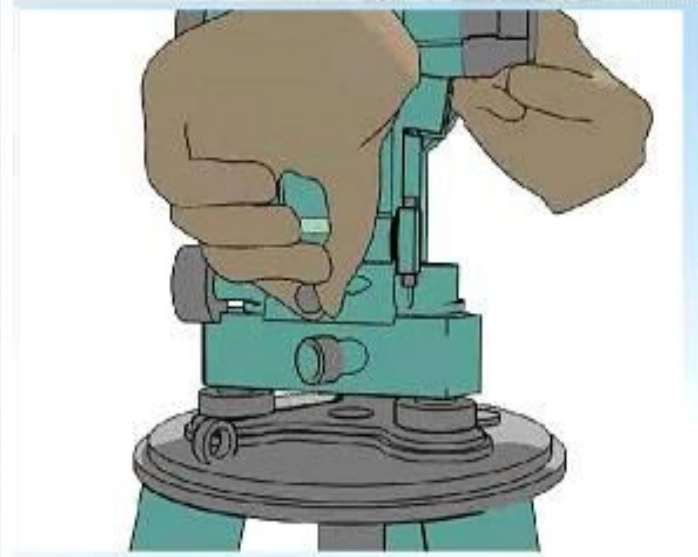
**Окончательное наведение  
на визирную цель**



**Рис. 51**

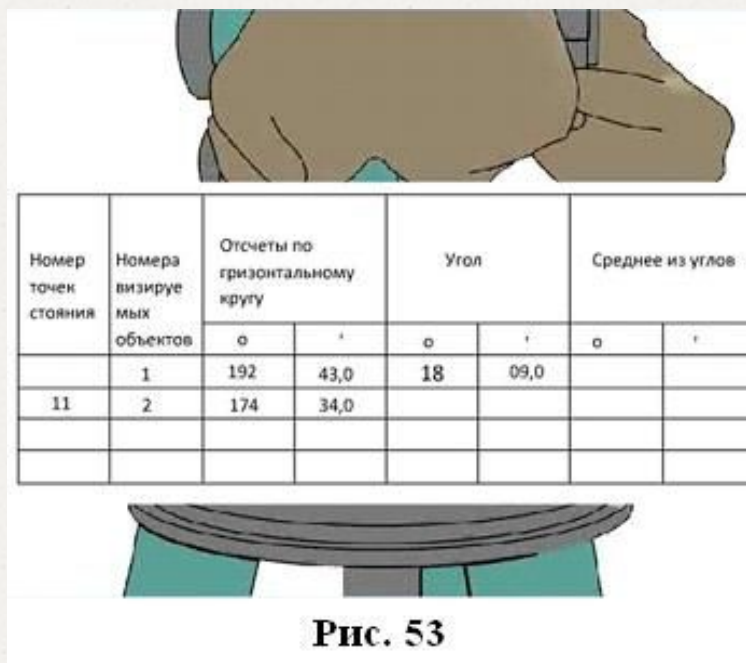
После этого открепляем алидаду и наводим теодолит **на левую визирную цель.**  
Снова проводим отсчет.

**Перевод на левую визирную цель**

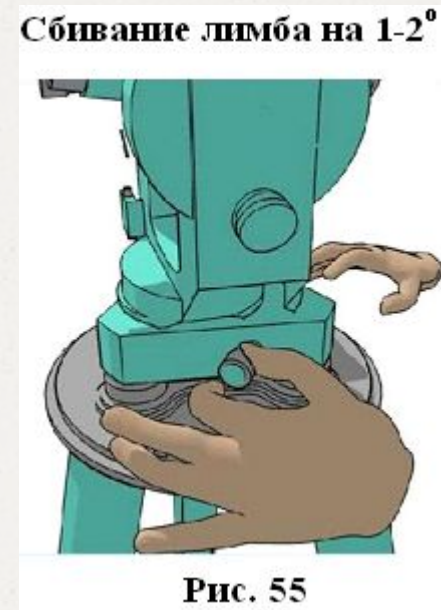


**Рис. 52**

Значение угла равно **разности отчетов** на правую и левую визирную цель. Если значение отсчета на правую визирную цель получается меньше значения отсчета на левую визирную цель, то к нему прибавляется **360°**. Таким образом, получаются значения угла из первого полуприема.



Далее переводят трубу через зенит и поворачивают алидаду на **180°**, смещают лимб примерно на **1–2°**, для чего делают **два–три** оборота наводящим винтом лимба. Аналогично выполняется измерение угла вторым полуприемом. Отсчеты записывают в журнал.



**Контроль:** расхождение значения углов в полуприемах не должно превышать двойной точности прибора.

Если расхождения значений угла более 1', запись в журнале зачеркивается, отсчет на лимбе сбивается и измерение повторяется.

За окончательное значение угла берут среднее арифметическое, полученное из двух полуприемов.

Окончательное значение округляется до 0,1'.

Номер точек стояния	Номера визируемых объектов	Отсчеты по горизонтальному кругу		Угол		Среднее из углов	
		о	'	о	'	о	'
	1	192	43,0	18	09,0		
11	2	174	34,0			18	09,5
	1	14	11,5	18	10,0	расхождение не	
	2	356	01,5			превышает 1'	

$$192 - 174 = 18$$

Рис. 56

**Угол наклона** – вертикальный угол, составленный направлением на данную точку с горизонтальной плоскостью.

Вертикальный угол измеряется с помощью вертикального круга.



Перед измерением угла наклона прибор  
устанавливают в рабочее положение. Наводят  
среднюю горизонтальную нить сетки на  
определяемую точку – например, при круге право.

**Приведение прибора в рабочее положение**



**Рис. 58**

Пузырек может при этом отойти от середины ампулы. В таком случае его устанавливают в середину **подъемным винтом**, расположенным в направлении визирования. Если горизонтальная нить сетки сойдет с точки, ее снова **подводят**.

#### Корректировка положения пузырька

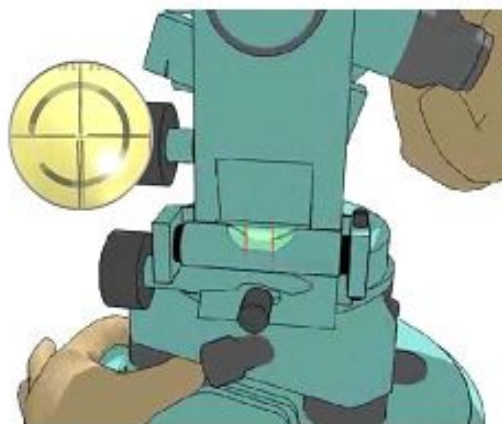


Рис. 59



И производят отсчет при круге право. Отсчет записывают в журнал.

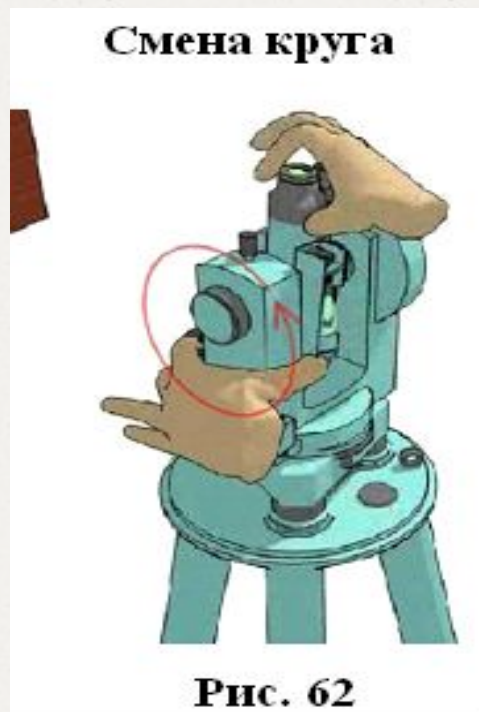


**Рис. 60**

Номера точек наблюдения	Отсчеты по вертикальному кругу				МО		Угол наклона	
	КП		КЛ					
	о	т	о	т	а	т	а	т
Станция № 11								
1	-6	26						

**Рис. 61**

Затем переводят трубу через зенит и поворачивают алидаду на **180°**.



И производят аналогичные действия при круге лево.



The image shows a station with a table and a diagram of a vertical circle. The table has the following structure:

Номера точек наблюдения	Отчеты по вертикальному кругу				МО		Угол наклона	
	КП		КЛ		о	*	о	*
	о	*	о	*				
Станция № 11								
1	-6	26	+6	28				

The diagram below the table shows a vertical circle with a horizontal line and a vertical line, and a small circle in the center. The circle is labeled with the numbers -6, 26, +6, and 28, which correspond to the values in the table.

**Рис. 63**

Затем вычисляют **место нуля (M<sub>0</sub>)**

**Местом нуля** называется отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек уровня находится в нуль-пункте.

Место нуля и угол наклона вычисляются по формулам:

$$M_0 = (KЛ + КП) / 2; \quad V = KЛ - M_0 = M_0$$

Показателем правильности измерения служит **постоянство места нуля**, колебание которого не должно превышать двойной точности прибора, то есть **1'** для **(2Т30)**.



Номера точек наблюдения	Отчеты по вертикальному кругу				M <sub>0</sub>		Угол наклона	
	КП		КЛ					
	о	'	о	'	о	'	о	'
Станция № 11								
1	-6	26	+6	28	+0	01	+6	27
2	+1	15	-1	15	+0	00	-1	15

Рис. 64