

## Лабораторная работа № 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ КРУГОВОЙ ШКАЛЫ

**Цель работы:** приобретение навыков замеров с помощью сферических шкал и определения расстояний с помощью теодолита.

**Оборудование:** комплект теодолита 2Т30, визирные цели (линейная шкала).

#### Устройство теодолита 2Т30

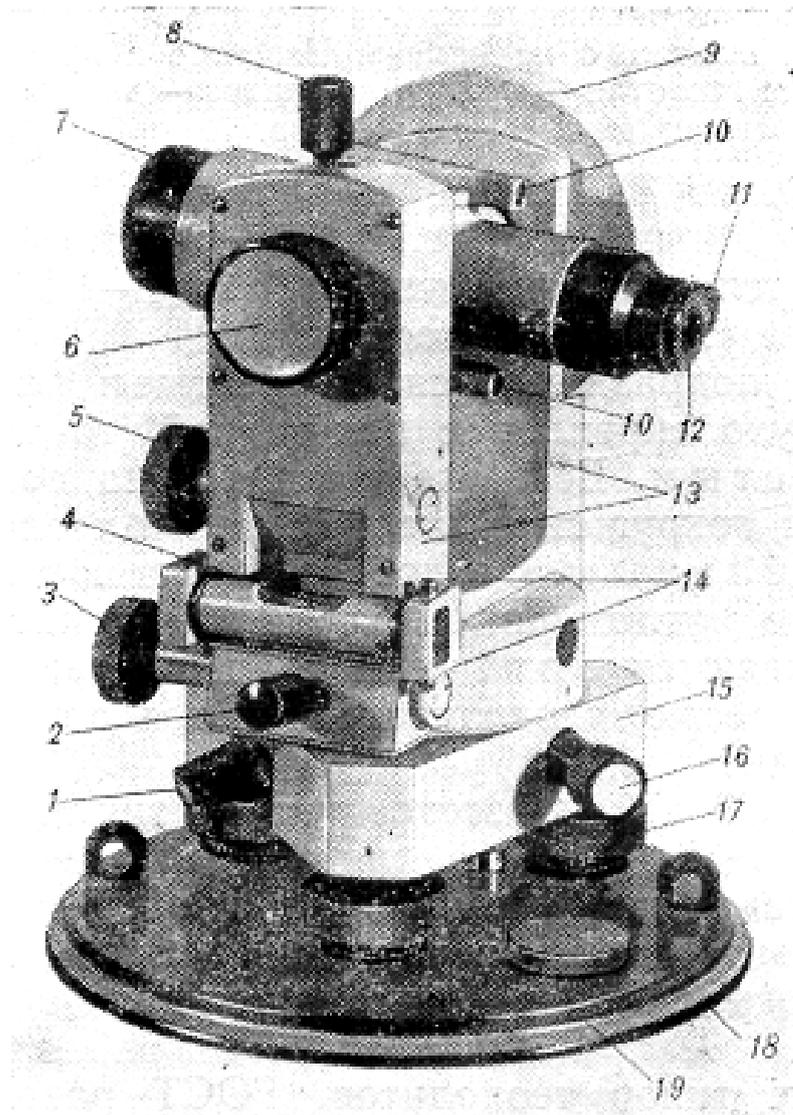


Рис. 1. Общий вид теодолита 2Т30.

1 – закрепительный винт лимба, 2 – закрепительный винт алидады, 3 – наводящий винт алидады, 4 – цилиндрический уровень, 5 – наводящий винт трубы, 6 – кремальера, 7 – объектив трубы, 8 – закрепительный винт трубы, 9 – вертикальный круг, 10 – визирные цели, 11 – окуляр отсчетного микроскопа, 12 – окуляр трубы, 13 – колонки трубы, 14 – юстировочные (исправительные) винты уровня, 15 – подставка, 16 – наводящий винт лимба, 17 – подъемный винт, 18 – прижимная пластинка, 19 – основание прибора.

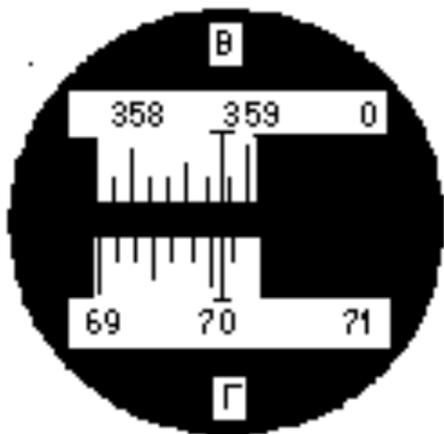
*Теодолит* – это универсальный геодезический прибор, предназначенный для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов. В настоящее время теодолиты изготавливают с металлическими и стеклянными кругами (оптические теодолиты). Современные теодолиты различаются также по отсчетным устройствам: есть теодолиты с верньерами, с оптическими микрометрами, с отсчетными микроскопами (штриховыми и шкаловыми). В зависимости от точности отсчитывания по кругам теодолиты делятся на высокоточные, средней точности и технические (малой точности).

Согласно государственному стандарту (ГОСТ 10529-70) после буквы Т во всех случаях цифра означает величину средней квадратичной ошибки, с которой прибор позволяет измерить углы. Изучаемый теодолит 2Т30 по своей конструкции относится к среднеточным и позволяет производить измерения со средней квадратичной ошибкой в одном приеме  $\pm 30''$ .

Основной частью теодолита является зрительная труба (рис.1), которая состоит из окуляра 12 и объектива 7. Теодолит управляется тремя парами винтов, из которых в каждой паре один является закрепительным, а другой - наводящим, обеспечивающим медленное перемещение соответствующей части прибора в относительно небольших пределах. Такие пары винтов имеются у лимба (1 и 16), у алидады (2 и 3) и у трубы (5 и 8).

Оси у алидады и у станкового винта полые, и это дает возможность центрировать прибор над точкой не только нитяным отвесом, но и с помощью зрительной трубы; устанавливаемой вертикально объективом вниз. Подставка у теодолита 15 несъемная, имеет три подъемных винта 17, и с помощью находящейся в их прорезях прижимной пластинки 18 она скрепляется с основанием 19.

Как горизонтальный, так и вертикальный круги теодолитов состоят из лимба и алидады, оси которых должны совпадать. На корпусе алидады установлен цилиндрический уровень 4, ось которого расположена параллельно коллимационной плоскости. Цилиндрические уровни на горизонтальном круге служат для приведения плоскости внутренних краев делений лимба в горизонтальное положение. У вертикального круга уровня нет, взамен его используют уровень при горизонтальном круге.



Для предварительного наведения зрительной трубы на наблюдаемые предметы на ней с обеих сторон укреплены визиры 10. Для наводки на резкость служит кремальера 6. Вместе с трубой скреплены вертикальный круг 9 и отсчетный микроскоп 11. Закрепительным винтом 8 трубу фиксируют в заданном положении, а наводящим винтом 5 медленно вращают ее в вертикальной плоскости для точного

Рис.2. Поле зрения микроскопа.

наведения на цель. Окуляр микроскопа *II* вращается вместе с трубой.

Изображения отсчетного индекса и штрихов горизонтального (*Г*) и вертикального (*В*) кругов передаются в поле зрения микроскопа (рис. 2) посредством оптической системы. Отсчет производится с помощью отсчетного штриха с точностью до десятых долей наименьшего деления, оцениваемых на глаз. Например, на рис. 2 отсчет по вертикальному кругу равен  $358^{\circ}49'$ , по горизонтальному –  $70^{\circ}05'$ .

Зрительная труба теодолита 2Т30 с увеличением  $20^{\times}$  имеет цену деления горизонтального и вертикального кругов, равную  $5'$ , точность отсчета по кругам  $1'$ . Цена деления уровня при алидаде горизонтального круга  $45''$  на 2 мм шкалы. Деления на лимбе нанесены по всей окружности. Подписи штрихов возрастают на  $1^{\circ}$  в направлении движения часовой стрелки. На противоположных частях алидады расположены два верньера, служащие для исключения влияния эксцентриситета алидады на отсчеты по лимбу. Точность верньера определяется по формуле  $t = \frac{\lambda}{n}$ , где  $\lambda$  - цена деления лимба;  $n$  - число делений на верньере между крайними подписанными штрихами.

Отсчет, полученный по кругу, является суммой двух слагаемых:

- 1) отсчета по лимбу;
- 2) отсчета по верньеру.

Отсчет по лимбу берут по ближайшему к нулевому штриху верньера младшему штриху лимба. Отсчет по верньеру равен произведению его точности на номер его штриха, совпадающего с каким-либо штрихом лимба.

### **Определения.**

*Верньер* (по имени французского изобретателя П.Вернье) - в измерительной технике то же, что нониус.

*Нониус* – это дополнительная шкала измерительного инструмента, позволяющая повысить точность отсчета по основной шкале в 10, 20 и более раз.

*Лимб* - это плоское металлическое кольцо, разделенное на равные доли окружности (например, градусы, минуты), по которой в угломерных инструментах отсчитывается величина измеряемых углов.

*Алидада* - это часть угломерных геодезических инструментов в виде круга с делениями и верньерами, находящегося на общей оси с лимбом; служит для отсчета углов.

*Буссоль* - это угломерный прибор, служащий для измерения на местности магнитного азимута.

*Окуляр* - это обращенная к глазу часть видоискателя дальномера (бинокля, телескопа, микроскопа и т. д.), предназначенная для рассматривания с некоторым увеличением оптического изображения, даваемого объективом прибора.

*Коллимация* - это инструментальная ошибка в установке оптических приборов, происходящая вследствие отклонения от перпендикулярности оси вращения трубы к ее оптической оси.

## Поверка теодолита

Приступая к поверке, следует, прежде всего, установить теодолит по уровню и отфокусировать окуляр.

Выявление смещения нуля вертикального круга и определение угла коллимации производят одновременно. Для этого трубу теодолита наводят на какой-либо неподвижный ориентир, в частности, на нить с навешенным на него грузом, и производят отсчет по горизонтальному и вертикальному кругам с точностью до  $0,1^\circ$ . После этого поворачивают трубу теодолита на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси. В положении перекидки теодолит наводят на тот же ориентир и делают отсчеты углов.

Чтобы получить поправку на смещение нуля вертикального круга, нужно сложить отсчеты по вертикальному кругу при наводке и перекидке. При правильной установке круга сумма отсчетов должна быть равна  $180^\circ$ . В противном случае следует найти разность между суммой отсчетов и  $180^\circ$  и разделить пополам. Это и будет поправка на смещение нуля шкалы вертикального круга.

Если сумма меньше  $180^\circ$ , поправку надо прибавлять ко всем отсчетам по вертикальному кругу; если сумма больше  $180^\circ$ , то из всех отсчетов по вертикальному кругу поправку надо вычитать. Поправки  $0,2^\circ$  и меньшие при обработке во внимание не принимаются.

Для определения угла коллимации нужно из отсчета по горизонтальному кругу при перекидке вычесть отсчет по горизонтальному кругу при наводке, (если отсчет по горизонтальному кругу при наводке больше, чем при перекидке, к отсчету при перекидке прибавляют  $360^\circ$ ). Угол коллимации равен половине избытка или недостатка между  $180^\circ$  и вычисленной разностью отсчетов.

Например, отсчеты по горизонту составляют при первом наведении (наводка) по вертикальному кругу  $1,8^\circ$ , по горизонтальному  $-15,6^\circ$ ; при втором наведении (перекидка) по вертикальному  $-178,4^\circ$ , по горизонтальному  $-196,0^\circ$ . Вычислим поправку на смещение нуля вертикального круга. Для этого сложим отсчеты вертикальных углов при наводке и перекидке, т.е.  $1,8^\circ + 178,4^\circ = 180,2^\circ$ . Тогда поправка составит

$$\Delta = \frac{180,0 - 180,2}{2} = -0,1^\circ. \text{ Вычислим угол коллимации. Для этого найдем}$$

$$\text{разность отсчетов горизонтальных углов при наводке и перекидке, т.е. } 196,0^\circ - 15,6^\circ = 180,4^\circ. \text{ Тогда угол коллимации будет равен } K = \frac{180,4 - 180,0}{2} = 0,2^\circ$$

## Способы измерения горизонтальных углов

**1. Способ приемов.** Чтобы получить величину измеряемого горизонтального угла  $\beta = \angle ABC$ , закрепите лимб, освободите алидаду, и наведя зрительную трубу на правую точку  $A$ , снимите первый отсчет. С помощью наводящего винта переместите зрительную трубу на левую точку  $C$  и

сделайте соответствующий отсчет. Угол  $\beta$  вычислите как разность двух отсчетов - правый минус левый, так как подписи делений на лимбе возрастают по ходу часовой стрелки. Если, например, отсчет при визировании на точку  $A$  оказался равным  $126^{\circ}47'30''$ , а при визировании на точку  $C - 35^{\circ}51'00''$ , то  $\beta_1 = 87^{\circ}56'30''$ . Вычисленное значение угла  $\beta_1$  является первым полуприемом.

Для измерения угла вторым полуприемом, трубу переведите через зенит и повторите наблюдения в той же последовательности, что и в первом полуприеме. Пусть, например, отсчет при визировании на точку  $A$  равен  $31^{\circ}14'40''$ , а на точку  $C - 303^{\circ}18'00''$ . В этом случае к отсчету на точку  $A$  (уменьшаемое) прибавьте  $360^{\circ}$ , так что  $\beta = 391^{\circ}14'00'' - 303^{\circ}18'00'' = 87^{\circ}56'$ .

Расхождение результатов первого и второго полуприемов не должно быть больше двойной точности отсчитывания по лимбу. В приведенном примере это условие выполняется, поэтому из полученных в двух полуприемах значений углов вычислите среднее арифметическое, которое и примите за окончательное значение угла:

$$\beta = \frac{87^{\circ}56'30'' + 87^{\circ}56'}{2} = 87^{\circ}56'15''$$

**2. Способ повторений.** При способе повторений угол измеряется несколько раз, как в первом, так и во втором полуприеме, при этом уменьшается ошибка отсчитывания по кругу, что является наиболее значительный источник случайных ошибок измерения углов. Для измерения угла способом повторений:

1. наведите зрительную трубу на первую точку и осуществите отсчет  $\beta_0$ ;
2. наведите зрительную трубу (винт 3) на вторую точку без отсчитывания по лимбу (иногда его делают в контрольных целях);
3. открепите лимб (винт 1) и смещением лимба назад, не вращая винт 3, возвратите перекрестие в поле зрения окуляра теодолита на первую точку;
4. закрепите лимб (винт 1) и, вращая винт 3, наведите перекрестие в поле зрения окуляра теодолита на вторую точку.

Таким образом, измеряемый угол будет наложен на лимбе дважды. Наложение повторите столько раз, сколько необходимо согласно заданной точности измерения. Чтобы рассчитать значение угла  $\beta$ , разность отсчетов разделите на число повторений:  $\beta = \frac{\beta_n - \beta_0}{n}$ , где  $\beta_0$  - первоначальный отсчет при наведении на первую точку,  $\beta_n$  - отсчет при наведении на вторую точку после  $n$  повторений.

### **Определение расстояния от теодолита до шкалы**

#### **Порядок выполнения работы:**

Расстояние определите двумя методами.



3										
4										
5										
Ср.										

$\alpha_1'$  – отсчет при наведении на точку  $B$  в первом полуприеме;

$\alpha_2'$  – отсчет при наведении на точку  $D$  в первом полуприеме;

$\beta'$  – значение угла  $\beta$  в первом полуприеме;

$\alpha_1''$  – отсчет при наведении на точку  $B$  во втором полуприеме;

$\alpha_2''$  – отсчет при наведении на точку  $D$  во втором полуприеме;

$\beta''$  – значение угла  $\beta$  во втором полуприеме;

$\beta = \frac{\beta' + \beta''}{2}$  - среднее арифметическое первого и второго полуприемов.

Таблица 3. Способ повторений.

№	$BD,$ м	$n$	$\beta_0,$ град	$\beta_n,$ град	$\beta,$ град	$D,$ м	$\Delta D,$ м	$\varepsilon,$ %
1								
2								
3								
4								
5								
Ср.								

$n$  – количество повторений измерения угла  $\beta$ ;

$\beta_0$  – первоначальный отсчет при наведении на точку  $B$ ;

$\beta_n$  – конечный отчет при наведении на точку  $D$  после  $n$  повторений;

$\beta = \frac{\beta_n - \beta_0}{n}$  - значение угла  $\beta$ , найденное способом повторений.

Результаты измерений  $D$ , полученные разными методами, занесите в табл.4. и сравните между собой.

Таблица 4.

Метод	Метод дальномера	Метод измерения горизонтальных углов	
		способ полуприемов	способ повторений
$D, м$			

### Контрольные вопросы:

1. Поясните устройство и назначение теодолита. Как производится его поверка?
2. Как производится отсчет углов с помощью теодолита методами приемов и повторений?
3. Как определяется расстояние от теодолита до заданного предмета?

4. Какой из используемых в работе методов точнее определяет расстояние?

**Литература:**

1. Сироткин М.П. Справочник по геодезии для строителей. М., "Недра", 1975, 376с.
2. Кудрицкий Д.М. Геодезия. Л., 1982.