

## Лабораторная работа №7. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ТЕОДОЛИТОВ

Основное назначение теодолитов – измерение горизонтальных и вертикальных углов, расстояний по нитяному дальномеру.

### 1.1. Классификация теодолитов по их точности

В соответствии с ГОСТом теодолиты подразделяются на следующие группы:

- высокоточные Т1 ( $m_{\beta}^1 \leq 1''$ );
- точные Т2, Т5 ( $2'' \leq m_{\beta} \leq 5''$ );
- технические Т15, Т30 ( $10'' \leq m_{\beta} \leq 30''$ ).

Теодолиты имеют четыре модификации:

- К – наличие компенсатора;
- П – наличие прямого изображения;
- М – приспособление для маркшейдерии;
- А – наличие автоколлиматора.

В соответствии с этими модификациями выпускаются теодолиты: Т1А, Т2А, 2Т2, 3Т2КП, 3Т2КА, Т5А, Т5К, 2Т5К, 3Т5КП, Т15М, Т30М, Т15К, Т30К, 2Т30КП.

Литера Т означает название прибора – теодолит. Числа 5, 15, 30 и другие характеризуют точность измерения угла одним приемом (в секундах).

В связи с совершенствованием конструкций теодолитов различают их поколения, которые обозначаются цифрой перед маркой. Например, если теодолит имеет марку 2Т30КП, то это означает:

- 2 – второе поколение выпуска;
- Т30 – теодолит технический с точностью измерения угла одним приемом – 30";
- К – наличие компенсатора в приборе;
- П – наличие прямого изображения в приборе.

Выполнение данной лабораторной работы ориентировано в основном на изучение теодолитов типа Т30, 2Т30П.

### 1.2. Устройство теодолитов

Устройство теодолита основано на принципе измерения горизонтального угла (рис. 1.1).

При геодезических работах измеряют не угол между сторонами, а его ортогональную (горизонтальную) проекцию, называемую горизонтальным углом. Так, для измерения угла  $ABC$  (рис. 1.1) нужно предварительно спроектировать на горизонтальную плоскость точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и измерить горизонтальный угол  $abc = \beta$ .

---

<sup>1</sup>  $m_{\beta}$  – средняя квадратическая погрешность измерения угла.

Из рис.1.1 видно, что искомый угол  $\beta$  – это двугранный угол, образованный проецирующими плоскостями  $Q$  и  $T$ , то есть плоский угол, лежащий в плоскости  $H$ , перпендикулярной граням угла.

Для того чтобы измерить угол  $\beta$  достаточно установить угломерный круг так, чтобы его центр находился на ребре двугранного угла, а плоскость была горизонтальна.

Угол  $\beta$  равен углу  $b'a'c'$ ; он вычисляется по разности отсчетов  $c'$  и  $b'$  на угломерном круге:

$$\beta = c' - b'.$$

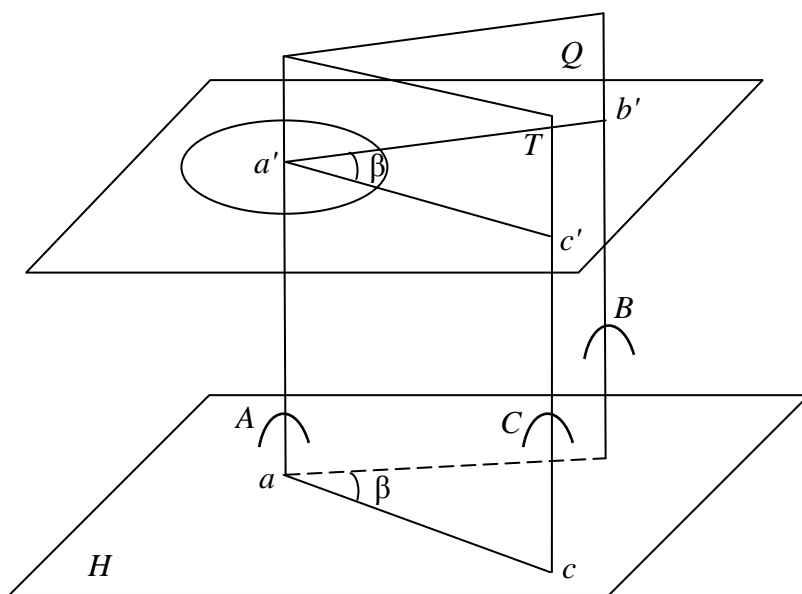


Рис. 1.1. Принцип измерения горизонтального угла

Отсчет  $b'$  получается в точке пересечения шкалы угломерного круга плоскостью  $Q$ , отсчет  $c'$  – в точке пересечения шкалы плоскостью  $T$ .

Исходя из принципа измерения горизонтального угла и угла наклона выделяются следующие основные части теодолита (рис. 1.2):

*горизонтальный круг 1*, который состоит из *лимба* – угломерного круга с делениями от 0 до 360, неподвижного во время измерения угла, и *алидады* – подвижной части теодолита, представляющей собой круг с нанесенным на нем отсчетным устройством в виде штриха или шкалы, при помощи которого производится отсчет по лимбу;

*цилиндрический уровень 2*, по которому лимб приводится в горизонтальное положение;

*зрительной трубы 3* для наведения теодолита на точки; состоит из объектива 4, окуляра 5, сетки нитей и фокусирующего устройства с кремальерой 6. Для получения резкого изображения предмета вращают кремальеру зрительной трубы, а для установления четкого изображения сетки нитей – окуляр;

*вертикальный круг 7*, состоящий из лимба, неподвижно скрепленного с осью вращения зрительной трубы, и алидады;

цилиндрический уровень при вертикальном круге 8, по которому задается горизонтальная линия. Теодолит так же имеет отсчетное приспособление (штриховой или шкаловой микроскоп);

подставка 9 с тремя подъемными винтами 10 – для приведения теодолита в рабочее положение;

закрепительные и наводящие винты вращающихся частей теодолита: лимба 11, алидады 12, 13, трубы 14, 15.

Закрепительные винты называют также зажимными и стопорными, а наводящие – микрометренными.

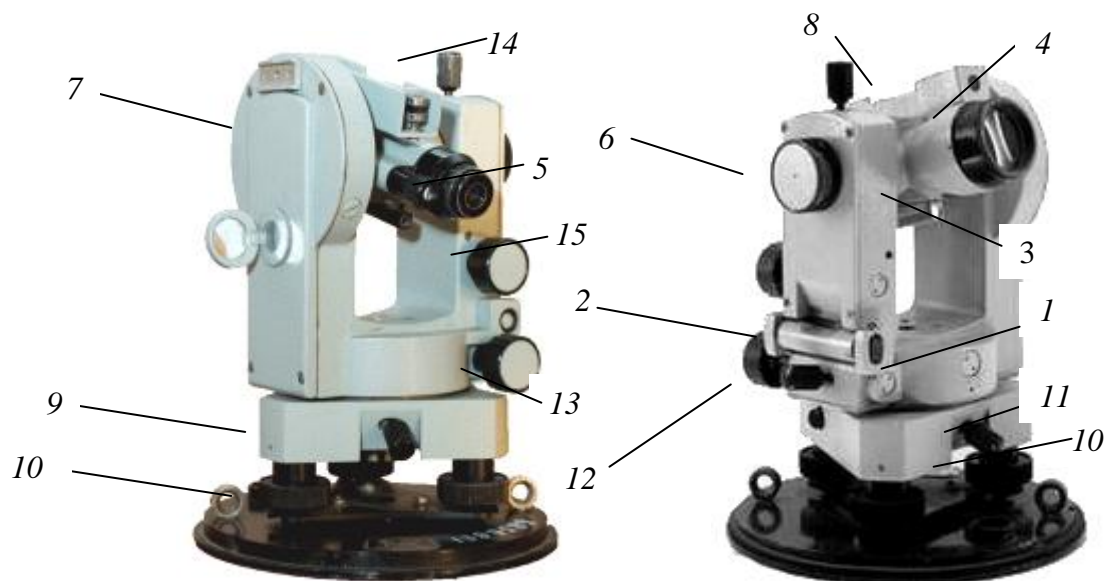


Рис. 1.2. Теодолит 2Т30

1 – горизонтальный круг; 2 – цилиндрический уровень; 3 – зрительная труба; 4 – объектив; 5 – окуляр; 6 – кремальера; 7 – вертикальный круг; 8 – цилиндрический уровень при вертикальном круге; 9 – подставка; 10 – подъемные винты; 11, 12, 14 – закрепительные винты; 13, 15 – наводящие винты

На рис. 1.2 показан теодолит 2Т30, отличающийся от Т30 лишь наличием уровня 8 при трубе и шкалового микроскопа.

Стороны измеряемого угла проектируются на плоскость лимба подвижной вертикальной плоскостью, которая называется коллимационной плоскостью. Коллимационная плоскость образуется визирной осью зрительной трубы при вращении ее вокруг горизонтальной оси.

В теодолитах различают три разных вращения: зрительной трубы, алидады и лимба. При этом вращение трубы и алидады снабжается двумя винтами каждое – зажимным и наводящим. Вращение лимба производится по-разному. В теодолите Т30 (2Т30 и т. п.) для этого имеются два винта: зажимной и наводящий, причем они работают только при зажатом винте алидады. В точных и высокоточных теодолитах вращение (перестановка) лимба выполняется специальным бесконечным винтом.

Вращение алидадной части и лимба вокруг вертикальной оси обеспечивает система осей теодолита (рис. 1.3):

- *вертикальная ось* (ось вращения алидады)  $ZZ_1$  – главная ось прибора, отвесная линия, проходящая через центр алидады (вершину угла);
- *ось цилиндрического уровня*  $UU_1$  – касательная к внутренней поверхности ампулы в точке нуль-пункт;
- *визирная ось зрительной трубы*  $VV_1$  – линия, проходящая через перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива;
- *ось вращения зрительной трубы*  $HH_1$ .

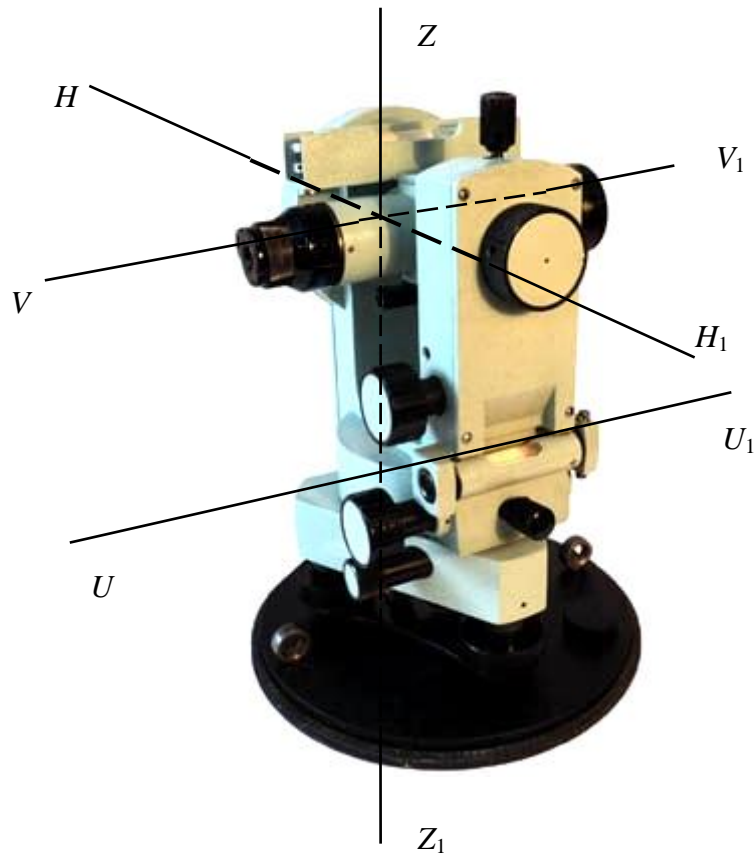


Рис. 1.3. Система осей теодолита

Руководствуясь рис. 1.2 и рис. 1.3, необходимо найти на соответствующих приборах все их составные части и отметить особенности устройства теодолитов.

### 1.3. Отсчетные приспособления теодолитов

Оптические отсчетные приспособления рассмотрим на примере угловой шкалы, расположенной на окружности; такая шкала называется *угломерным кругом* или *лимбом*.

*Ценой деления лимба*  $\lambda$  называют центральный угол, стягиваемый дугой в одно деление, или градусную величину одного деления лимба. В практике встречаются лимбы с ценой деления  $1^\circ$ ,  $20'$ ,  $10'$  и  $5'$ .

Отсчеты по лимбу производятся при помощи *штриха* или *шкалы*. Роль отсчетного индекса при отсчете по лимбу могут выполнять одиночный

штрих, нулевой штрих шкалы отсчетного приспособления, штрих шкалы лимба.

Существует несколько видов отсчетных приспособлений. Необходимо изучить следующие: штриховой микроскоп, применяемый в теодолитах ТЗ0, и шкаловой микроскоп в теодолитах 2ТЗ0.

*Штриховой микроскоп.* Отсчетным индексом в штриховом микроскопе является неподвижный штрих, выгравированный на стеклянной пластине (алидаде). Отсчетное приспособление через систему призм и линз выводит в окуляр изображения градусных делений горизонтального и вертикального кругов.

Вид поля зрения штрихового микроскопа показан на рис. 1.4.

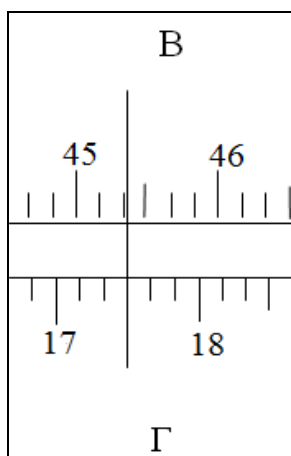


Рис. 1.4. Штриховая система отсчетов

Цена деления лимба в теодолите ТЗ0 составляет 10'. Отсчет снимают следующим образом: считывают число градусов, стоящее левее отсчетного штриха, после этого подсчитывают количество делений от этого градусного деления до штриха. В данном случае отсчет по горизонтальному кругу равен 17°30', по вертикальному – 45°21'.

*Шкаловой микроскоп.* На пути хода лучей от осветительного окошка через штрихи лимба в поле зрения микроскопа помещена стеклянная пластинка с гравированной шкалой. Длина шкалы равна длине одного деления лимба  $\lambda$ ; шкала разделена на  $n$  равных частей, цена одного деления обозначается буквой  $\mu$  и равна

$$\mu = \lambda / n .$$

Вид поля зрения шкалового микроскопа показан на рис. 1.5. В поле зрения шкалового микроскопа теодолита 2ТЗ0 цена деления лимба составляет 1°, отсчетной шкалы разделена – 5'.

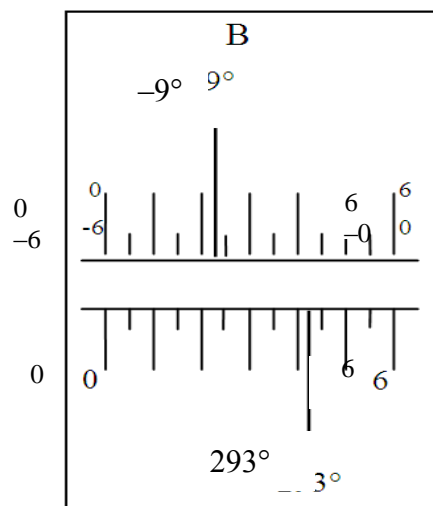


Рис. 1.5. Шкаловая система отсчетов

Отсчет снимают следующим образом: вначале определяют градусное деление, перекрываемое шкалой, после этого с точностью до 1' снимают отсчет минут по шкале. В данном примере отсчет по горизонтальному кругу  $293^\circ 42'$ , по вертикальному кругу отсчет равен  $-9^\circ 37'$ .

При отсчитывании по вертикальному кругу следует отличать отрицательные деления шкалы от положительных. В приведенном примере положительные возрастают слева направо, а отрицательные – наоборот.

Необходимо ознакомиться с отсчетными приспособлениями теодолитов, снять отсчеты по шкаловому и штриховому микроскопам теодолитов Т30 и 2Т30, представить схему отсчетов в отчете к лабораторной работе.

#### 1.4. Общий осмотр и опробование теодолита

В процессе общего осмотра необходимо выявить повреждения механических и оптических деталей, проверить четкость изображения, установку уровней и исправительных винтов, освещение отсчетной системы. Проверить удобство и правильность укладки прибора в упаковочный ящик. Осмотреть замки ящика и приспособления для его переноски, а также проверить маркировку теодолита и упаковки.

Затем необходимо оценить работоспособность подвижных частей теодолита. При этом путем опробования проверить работу подъемных, зажимных и наводящих винтов, выявить их люфты и плавность хода, деформации, изломы.

Проверить работоспособность фокусирующей системы объектива и окуляра трубы, отсчетного приспособления и оптического центрира (если им необходимо пользоваться), а также устойчивость штатива (при необходимости подтянуть винты его головки и закрепительные винты).

**Не прилагать значительных усилий к вращающимся частям теодолита!**

## 1.5. Приведение прибора в рабочее положение

Перед измерением угла необходимо привести теодолит в рабочее положение, то есть выполнить три операции: центрирование, горизонтирование и установку зрительной трубы.

*Центрирование теодолита* – это установка оси вращения алидады над вершиной измеряемого угла.

Центрирование выполняют с помощью нитяного отвеса или оптического центрира. Нитяной отвес крепится к крюку на становом винте. После этого штатив располагают так, чтобы отвес проектировался на точку, над которой производится центрирование. Точность центрирования 1 см.

*Горизонтирование теодолита* – это установка оси вращения алидады в вертикальное положение. Операция выполняется с помощью подъемных винтов и уровня при алидаде горизонтального круга.

Горизонтирование производится следующим образом (рис. 1.6).

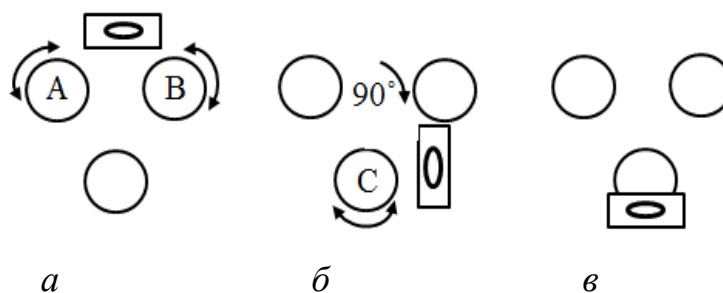


Рис. 1.6. Схема горизонтирования теодолита:

*а* – цилиндрический уровень находится по направлению двух подъемных винтов; *б* – уровень повернут на  $90^\circ$ ; *в* – уровень повернут на  $180^\circ$

Открепляют алидаду и ставят уровень по направлению двух подъемных винтов. Вращением этих винтов в разные стороны приводят пузырек уровня на середину (нуль-пункт) (рис. 1.6, *а*). После этого поворачивают алидаду на  $90^\circ$  и вращением третьего подъемного винта приводят пузырек уровня на середину (рис. 1.6, *б*). Затем поворачивают теодолит на  $180^\circ$  (рис. 1.6, *в*). Если пузырек остался на середине или сместился менее чем на одно-два деления в сторону, то вертикальная ось вращения теодолита приведена в отвесное положение.

*Установка трубы* производится по глазу и по предмету. Установка по глазу выполняется с помощью подвижного окулярного кольца (фокусирование сетки нитей). Установка по предмету выполняется путем вращения винта фокусировки трубы (кремальеры) на предмет.

Руководствуясь данным пунктом, нужно выполнить приведение теодолита в рабочее положение в аудиторных условиях.