

Лабораторная работа № 2. ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕОДОЛИТОВ.

2.1. Изучение устройства технических теодолитов Т30

Цель работы – изучить устройство технических теодолитов, выполнить поверки и освоить методику измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Технические оптические теодолиты Т30, 2Т30, 2Т30П предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов в теодолитных и тахеометрических ходах. Ими можно также измерять расстояния с помощью нитяного дальномера.

С учетом принципа измерения горизонтального угла и угла наклона теодолит имеет следующие основные части (рис. 2.1): горизонтальный круг *1*, он состоит из лимба с горизонтальными делениями, центр которого размещается на одной отвесной линии с вершиной измеряемого угла, и алидады, представляющую собой внутренний круг как опору для визирного приспособления, которая может вращаться в отвесной плоскости для последовательного совмещения визирного луча со сторонами измеряемого угла; цилиндрический уровень *2*, с помощью которого лимб приводится в горизонтальное положение; зрительная труба *3* для наведения теодолита на точки; вертикальный круг *4*, состоящий из лимба и алидады (лимб вертикального круга неподвижно скреплен с осью вращения зрительной трубы); цилиндрический уровень *5* при вертикальном круге, по которому задается горизонтальная линия. Теодолит также имеет отсчетное приспособление (штриховой или шкаловой микроскоп).

Лимб. В современных оптических теодолитах установлены стеклянные лимбы. Штрихи на плоскость лимба наносятся напыливанием металла по лаку. Ширина штрихов – 0,002 мм. При установке лимба добиваются совмещения центра с осью вращения. Несовпадение центров приводит к погрешностям в измерении углов. Аналогично изготавливается и вертикальный круг.

Цилиндрический уровень. Уровень состоит из ампулы, оправы, регулировочного (исправительного) устройства (рис. 2.2). Ампула заполняется этиловым спиртом.

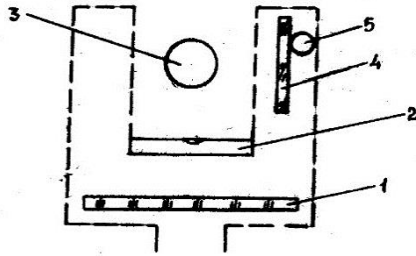


Рис. 2.1. Схема теодолита:

1 – горизонтальный круг; 2 – цилиндрический уровень; 3 – зрительная труба; 4 – вертикальный круг; 5 – цилиндрический уровень при вертикальном круге

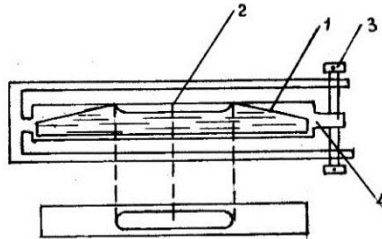


Рис. 2.2. Цилиндрический уровень:

1 – рабочая поверхность; 2 – нуль-пункт; 3 – винты; 4 – конец ампулы

Незаполненная часть ампулы образует пузырек. Цилиндрический уровень имеет рабочую поверхность 1 определенной кривизны. Центр рабочей поверхности 2 называют нуль-пунктом. В теодолитах Т60, Т30, 2Т30 ампула с оправой соединяется заливкой гипсом. Регулирующее (исправительное) устройство цилиндрического уровня выполняется в виде винтов 3 (рис. 2.2), вращением которых можно поднимать или опускать один конец ампулы 4.

Зрительная труба. В геодезических приборах используются трубы с внутренней фокусировкой. При изучении устройства зрительной трубы следует выделить следующие ее элементы: объектив 1, окуляр 2 и сетку нитей 3 (рис. 2.3). Их взаимное расположение позволяет видеть увеличенное мнимое, обратное изображение $A''B''$ предмета AB . Такое изображение можно получить, если: а) предмет AB находится за фокусом объектива $F_{об}$; б) его изображение AB должно попадать между фо-

Для получения резкого изображения предмета вращают кремальеру зрительной трубы, а для установления четкого изображения сетки нитей вращают диоптрийное кольцо.

Закрепительные, наводящие и подъемные винты. Для обеспечения стационарного положения основных частей теодолита имеются закрепительные винты лимба *1* (рис. 2.5), алидады *2* и трубы *3*. Для придания плавности движению основных частей при наведении теодолита на точку имеются наводящие винты лимба *4* (рис. 2.6); алидады *5* и трубы *6*. Внизу теодолита находится треугольная подставка с тремя подъемными винтами *13* (рис. 2.6). Под ними установлена специальная пластина – трегер *15*, через которую с помощью станового винта теодолит крепится к штативу.

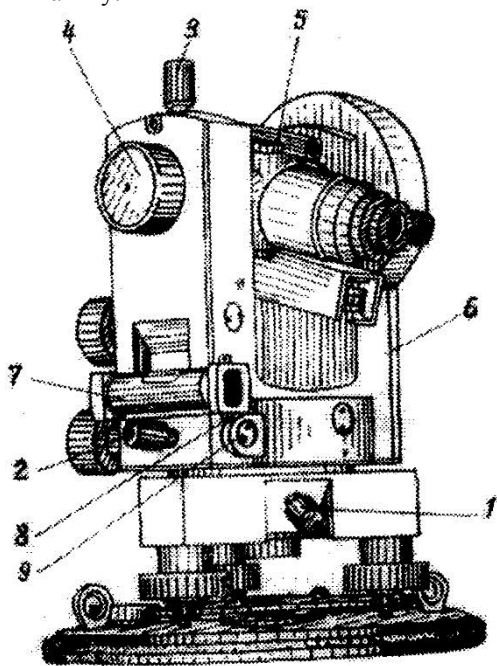


Рис. 2.5. Теодолит 2Т30: *1* – закрепительный винт лимба; *2* – закрепительный винт алидады; *3* – закрепительный винт трубы; *4* – кремальера; *5* – визир; *6* – колонка; *7* – уровень при алидаде; *8* – юстировочный винт; *9* – гильза

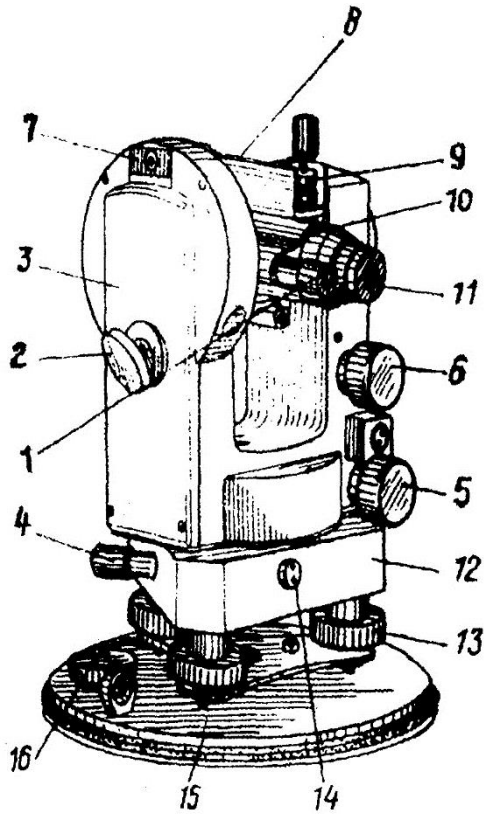


Рис. 2.6. Теодолит 2Т30П: 1 – окуляр микроскопа;
 2 – зеркало подсветки; 3 – боковая крышка;
 4 – наводящий винт лимба; 5 – наводящий винт
 алидады; 6 – наводящий винт трубы; 7 – посадочный
 паз для буссоли; 8 – уровень при трубе;
 9 – юстировочная гайка; 10 – колпачок;
 11 – диоптрийное кольцо окуляра; 12 – подставка;
 13 – подъемные винты; 14 – втулка; 15 – трегер;
 16 – крышка

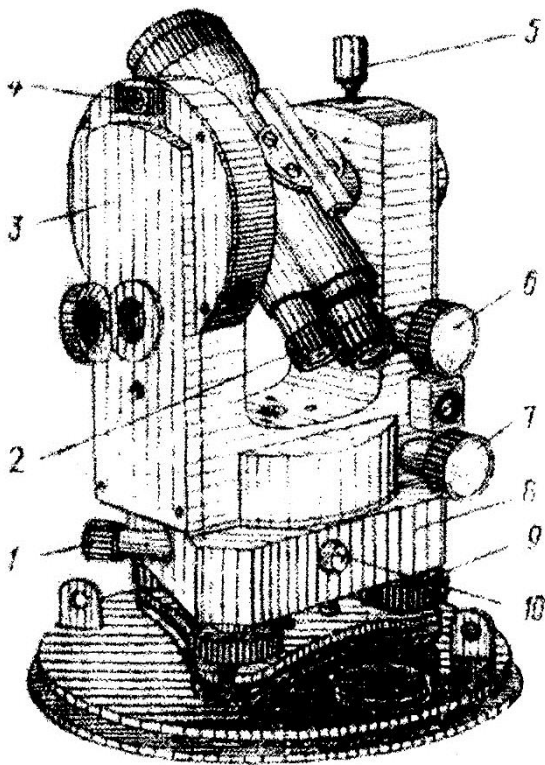


Рис. 2.7. Теодолит Т30: 1 – наводящий винт лимба; 2 – окуляр микроскопа; 3 – боковая крышка; 4 – посадочный паз для буссоли; 5 – закрепительный винт трубы; 6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады; 8 – подставка; 9 – подъемные винты подставки; 10 – втулка

2.2. Отсчетные приспособления теодолитов

Существует несколько видов отсчетных приспособлений. Необходимо изучить следующие: штриховой микроскоп, применяемый в теодолитах Т30, Т60, шкаловой микроскоп (теодолиты серии Т5, 2Т30, 2Т30П).

Вид поля зрения штрихового микроскопа показан на рис. 2.8.

Цена деления лимба в теодолите Т30 составляет 10'. Отсчет снимают следующим образом: считывают число градусов, стоящее левее отчетного штриха, после этого считают количество делений от этого градусного деления до штриха. В данном случае отсчет по горизонтальному кругу равен $68^{\circ}42'$, по вертикальному – $356^{\circ}38'$.

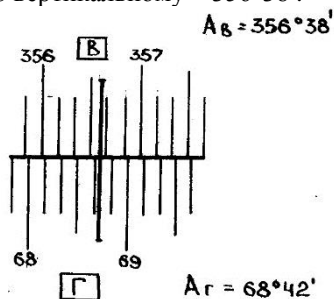


Рис. 2.8. Штриховая система отсчетов

Вид поля зрения шкалового микроскопа теодолита 2Т30 показан на рис. 2.9. В поле зрения видны градусные деления лимба и шкала, цена деления которой равна 5'.

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 равен $278^{\circ}14'$, по вертикальному он составляет $-7^{\circ}12'$.

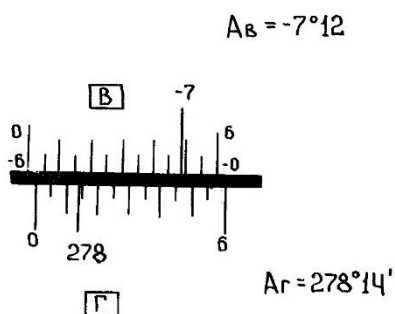


Рис. 2.9. Шкаловая система отсчета в теодолите 2Т30

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

2.3. Приведение теодолита в рабочее положение

Перед выполнением измерений теодолит с помощью станového винта крепится к штативу. После этого приводят прибор в рабочее положение. Для этого выполняется центрирование прибора над точкой и горизонтирование. Центрирование выполняют с помощью нитяного отвеса. Нитяной отвес крепят снизу к крюку на корпусе теодолита или станovém винте. После этого штатив располагают так, чтобы отвес проецировался на точку, над которой производят центрирование. Точность центрирования составляет 10 мм.

Горизонтирование прибора или приведение лимба в горизонтальное положение выполняют следующим образом. Открепляют алидаду и устанавливают уровень по направлению двух подъемных винтов (рис. 2.10, а). Вращением этих винтов в разные стороны приводят пузырек уровня в нуль-пункт. После этого поворачивают алидаду на 90° (рис. 2.10, б) и вращением третьего подъемного винта приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Эти операции повторяют 2–3 раза до тех пор, пока при любом положении алидады и соответственно уровня его пузырек не будет отклоняться от нуль-пункта более чем на 1–2 деления.

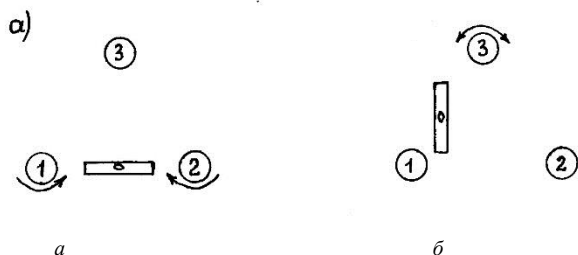


Рис. 2.10. Схема горизонтирования прибора

2.4. Основные оси и проверки теодолита

Ось вращения прибора ZZ_1 (рис. 2.11), называемая также вертикальной осью, при измерении угла должна совпадать с линией отвеса, проходящей через вершину угла.

Ось цилиндрического уровня UU_1 при измерениях должна занимать горизонтальное положение. Этой осью является касательная к

внутренней поверхности ампулы уровня в точке нуль-пункта. Приведение оси цилиндрического уровня в горизонтальное положение обеспечивает отвесное положение оси вращения прибора.

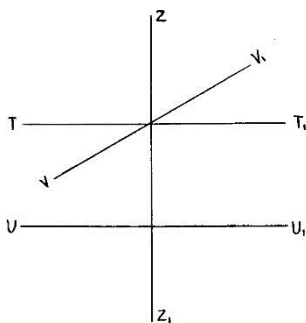


Рис. 2.11. Схема осей прибора

Ось вращения зрительной трубы (TT_1 на рис. 3.11) – геометрическое место точек самого цилиндра трубы.

Визирная ось трубы VV_1 – прямая, соединяющая перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива.

2.4.1. Поверки теодолита

Для определения правильности взаимного расположения осей теодолита производят его поверки. Каждая поверка состоит из трех частей. Первая часть – геометрическое условие, которое выражает требование, предъявляемое к взаимному расположению осей теодолита. Вторая часть – проверка этого условия. Третья часть – исправление выявленных нарушений геометрического условия.

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси.

Установив уровень по направлению двух подъемных винтов, приводят пузырек на середину. Затем поворачивают алидаду на 90° , ориентируют ось цилиндрического уровня по направлению третьего подъемного винта и его вращением вновь приводят пузырек на середину. Сделав отсчет по лимбу, поворачивают алидаду ровно на 180° . Если пузырек остается на середине, то условие выполнено. В противном случае делают юстировку уровня. Для этого, действуя подъемными винтами,

перемещают пузырек на половину дуги отклонения, после чего юстировочными винтами уровня приводят пузырек на середину. После юстировки следует повторить поверку.

Если при повороте алидады на 180° пузырек уровня упирается в конец ампулы, то величина отклонения пузырька определяется шагом подъемных винтов.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси.

Для выполнения поверки выбирают точку местности, при наблюдении на которую зрительная труба устанавливается приблизительно горизонтально.

Приведя вертикальную ось теодолита в отвесное положение, закрепляют лимб и, вращая алидаду, визируют на эту точку при двух положениях круга (КЛ и КП). При этом записывают отсчеты по горизонтальному кругу (a_1 и a_2).

Коллимационная ошибка, выражающая угловую величину отклонения визирной оси от перпендикулярного положения, определяется по формуле

$$C = \frac{a_1 - a_2 \pm 180^\circ}{2}. \quad (2.1)$$

Если величина C превышает двойную точность теодолита, то следует выполнить исправление. Для этого наводящим винтом алидады устанавливают на лимбе правильный отсчет

$$a = \frac{a_1 + a_2 \pm 180^\circ}{2}, \quad (2.2)$$

после чего зрительная труба переместится, а перекрестие сетки нитей отойдет от наблюдаемой точки. Потом отвинчивают колпачок, закрывающий юстировочные винты сетки нитей, ослабляют их и боковыми винтами перемещают сетку нитей так, чтобы ее центр совпал с наблюдаемой точкой. После этого проводятся контрольные измерения.

Поверка 3. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси.

Приведя вертикальную ось теодолита в отвесное положение, визируют на длинную нить отвеса, подвешенного на расстоянии 10–20 м от

теодолита. Плавно вращая рукой зрительную трубу, наблюдают за перекрестием нитей сетки. Если оно сходит с изображения нити отвеса, то условие не выполнено.

Выполнение этого условия гарантируется заводом, однако, если оно не выполнено, то исправление возможно только в мастерской.

Проверка 4. Вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен оси вращения зрительной трубы.

С целью проверки этого условия приводят вертикальную ось прибора в отвесное положение и визируют на хорошо видимую точку местности. Вращая трубу наводящим винтом, наблюдают, сходит ли изображение точки местности с основного вертикального штриха сетки нитей. Если изображение точки не сходит со штриха, то условие считается выполненным. В противном случае исправление сетки выполняют ее поворотом. После этого проверка повторяется.

2.5. Измерение горизонтального угла

Измерение горизонтальных углов выполняют при двух положениях круга (КП и КЛ). При КП закрепляют лимб горизонтального круга и, вращая алидаду, наводят трубу на выбранную точку 3 (рис. 3.12).

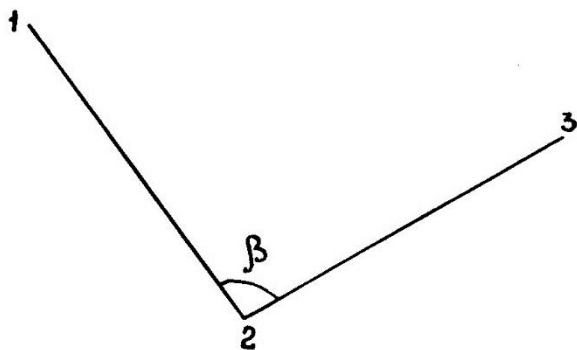


Рис. 2.12. Схема горизонтального угла

Точное наведение перекрестия сетки нитей на точку осуществляют наводящими винтами алидады и трубы. Если в точке визирования стоит веха, то перекрестие наводят на основание вехи. Полученный отсчет a_3

по горизонтальному кругу записывают в журнал измерения углов. Затем открепляют алидаду, делают наведение трубы на точку 1 и записывают отсчет a_1 .

Второй полуприем выполняют при КЛ так же, как и первый, но перед его началом необходимо перевести трубу через зенит, переместить лимб на несколько градусов и снова закрепить его. Значения измеренных углов в обоих полуприемах получают как разности отсчетов $a_3 - a_1$. Если значения углов не отличаются более, чем на двойную точность отсчета, то вычисляют среднее арифметическое, являющееся результатом измерения угла полным приемом. В противном случае измерение угла считается неправильным.

Образец журнала измерения углов приведен ниже (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Журнал измерения горизонтальных углов

№ точек		КП КЛ	Отсчеты по горизонтальному кругу		Угол при КЛ Средний угол Угол при КП
стояния	наблюдения		°	'	
	3	КП	42	22	60°51'
	1		341	31	60°51',5
2	3		225	51	60°52'
	1	КЛ	164	59	

2.6. Измерение вертикальных углов

При измерении вертикальных углов необходимо определить место нуля (МО) вертикального круга.

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

У алидады вертикального круга нет уровня и его заменяет уровень при алидаде горизонтального круга, расположенный параллельно коллимационной плоскости зрительной трубы. Перед отсчетом по лимбу вертикального круга пузырек уровня приводят на середину при помощи подъемного винта, по направлению которого расположен уровень, и подправляют визирование наводящим винтом зрительной трубы.

Определение МО выполняют одновременно с измерением вертикального угла (v) в следующем порядке:

а) на выбранную точку наводят среднюю горизонтальную нить сетки, действуя наводящим винтом трубы, и записывают отсчет по вертикальному кругу (КЛ);

- б) переводят трубу через зенит, наводят среднюю нить сетки на ту же точку и записывают отсчет (КП);
 в) определяют место нуля по формуле

$$MO = \frac{КЛ + КП - 180^\circ}{2}; \quad (2.3)$$

г) если найденное МО не превышает двойную точность теодолита, то определяют угол наклона v по следующим формулам:

$$v = КЛ - МО; \quad v = МО - КП + 180^\circ. \quad (2.4)$$

Все отсчеты и результаты вычислений записывают в журнал (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Журнал измерения вертикальных углов

№ точек		КЛ КП	Отсчет по вертикальному кругу		МО Угол наклона
стояния	наблюдения		°	'	
1	2	КЛ	5	37	360° 01'
	2	КП	174	25	+5 36'

Для исправления места нуля (в случае, если оно превышает двойную точность отсчитывания) наводящим винтом трубы устанавливают на лимбе отсчет, равный измеренному углу v . При этом труба переместится и горизонтальная нить сетки отойдет от точки наблюдения. Затем вертикальными исправительными винтами сетки нитей перемещают сетку так, чтобы ее центр совпал с точкой наблюдения.

Если вертикальный угол измеряют теодолитом 2Т30, то методика такая же, как и при измерении теодолитом Т30, но формулы вычислений другие:

$$MO = \frac{КЛ + КП}{2}; \quad (2.5)$$

$$v = МО - КП; \quad (2.6)$$

$$v = КЛ - МО. \quad (2.7)$$

2.7. Измерение расстояний нитяным дальномером

Измерение проводят в следующем порядке. Наводят теодолит на нивелирную рейку так, чтобы труба занимала положение, примерно соответствующее наклону измеряемой линии. Снимают отсчеты по верхней n_1 и нижней n_2 дальномерным нитям. Расстояние вычисляют по формуле

$$D = (n_2 - n_1) \cdot 100 \text{ мм.} \quad (3.8)$$

В нашем случае (рис. 2.13) $n_1 = 1\,000$ мм, $n_2 = 1\,098$ мм, тогда $D = (1098 - 1000) \cdot 100 = 98 \cdot 100 \text{ (мм)} = 9,8 \text{ м}$. Результаты измерений записываются в табл. 3.3.

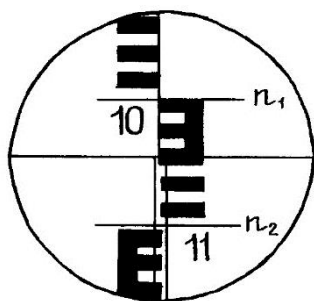


Рис. 2.13. Измерение расстояний нитяным дальномером

Таблица 2.3. Измерение расстояний нитяным дальномером

Точка стояния	Точка наведения	Отсчеты, мм		$n_2 - n_1$	D , м
		n_1	n_2		
2	3	1000	1098	98	9,8