



Лабораторная работа №2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТЕОДОЛИТЫ.

1. 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 ГОСТ 10529–96 теодолиты подразделяются на следующие группы:

- высокоточные Т1, Т05, $m_{\beta} = 1''{,}5$;
- точные Т2, Т5, $m_{\beta} = 1''{,}5 \div 10''$;
- технические Т15, Т30, Т60, $m_{\beta} \geq 10''$.

В зависимости от конструктивных особенностей следует различать теодолиты следующих исполнений:

- К – с компенсатором углов наклона;
- П – со зрительной трубой с прямым изображением;
- М – маркшейдерские;
- А – автоколлимационные.

В настоящее время выпускаются теодолиты 3-го и 4-го поколений: 3Т2КП, 3Т2КА, 3Т5КП, 4Т30 и их модификации.

Литера Т означает название прибора – теодолит. Числа 1, 2, 5, 15 и т. д. 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 следующее:

- цифра 2 перед маркой – 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 технических теодолитов типа Т30, 2Т30КП.

1.2. Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов

Горизонтальным углом β_0 (рис. 1.1) является ортогональная проекция двух вертикальных плоскостей Z_1 и Z_2 , проходящих через направления сторон АВ и АС физической поверхности Земли, на горизонтальную плоскость Р.

Для измерения горизонтального угла необходимо в точке О разместить горизонтальный круг с градусными делениями. При этом отвесная линия АА₁ должна проходить через центр круга О. Сняв отсчеты с и b по горизонтальному кругу, соответствующие следам сечения плоскостей Z_1 и Z_2 на нем, найдем значение горизонтального угла:

$$\beta_0 = c - b. \quad (1)$$

Угол наклона (вертикальный угол) это угол ν (рис. 1.1) между линией АВ в точке А и ее проекцией на горизонтальную плоскость, который находится в вертикальной плоскости Z_1 . Для его измерения по вертикальному кругу теодолита необходимо зафиксировать отсчет α по отсчетному индексу алидады вертикального круга, визируя на точку В. Тогда угол наклона ν определится следующим образом:

$$\nu = \alpha - MO, \quad (2)$$

где MO – ошибка, возникающая в результате несовпадения нулевого деления алидады вертикального круга с линией горизонта.

Для измерения дальномерных расстояний в зрительной трубе теодолита имеются дальномерные нити (нитяной дальномер).

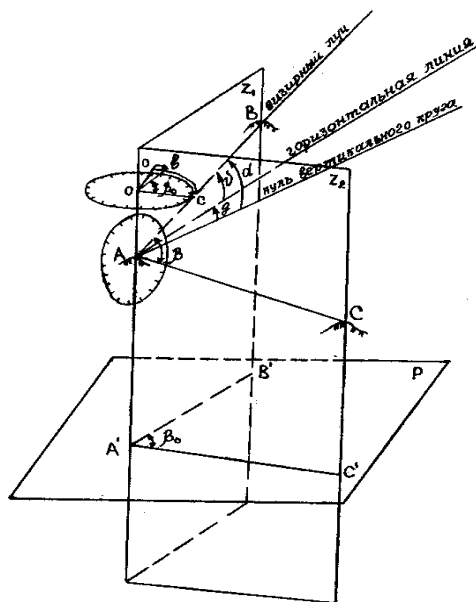


Рис. 1.1. Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов

1.3. Основные части теодолита

Исходя из принципа измерения горизонтального угла и угла наклона теодолит имеет следующие основные части (рис. 1.2): горизонтальный круг *1*, он состоит из лимба с горизонтальными делениями, центр которого размещается на одной отвесной линии с вершиной измеряемого угла; алидады – внутренний круг как опора 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 котором задается горизонтальная линия (см. рис. 1.1). Теодолит также имеет отсчетное приспособление (штриховой или шкаловой микроскоп).

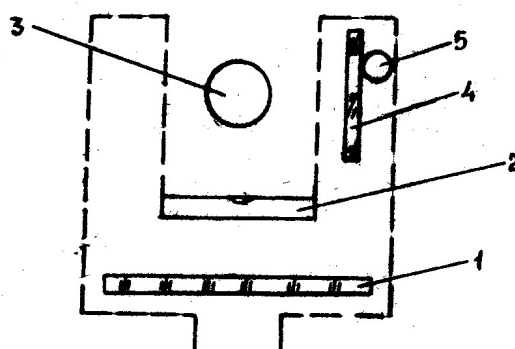


Рис. 1.2. Схема теодолита:

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

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. 1.3). Ампула заполняется этиловым эфиром или этиловым спиртом.

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. 1.3), вращением которых можно поднимать или опускать один конец ампулы 4.

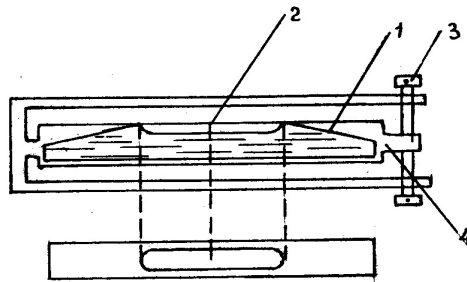


Рис. 1.3. Цилиндрический уровень:

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

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. 1.4). 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 фокусом $F_{ок}$ и оптическим центром окуляра O . В трубах с внутренней фокусировкой такое положение достигается наличием телеобъектива, состоящего из объектива и двояковогнутой линзы 4, которая перемещается внутри трубы между объективом и сеткой нитей. Вращением кремальеры сетка нитей устанавливается в окулярном колене 5 между точками $F_{ок}$ и O . Она награвирована на специальном стекле. Исправительными винтами 1 (рис. 1.5), установленными в окулярном колене, сетка нитей может передвигаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Зрительные трубы некоторых теодолитов, например 2Т30П, дают увеличенное, мнимое прямое изображение предмета.

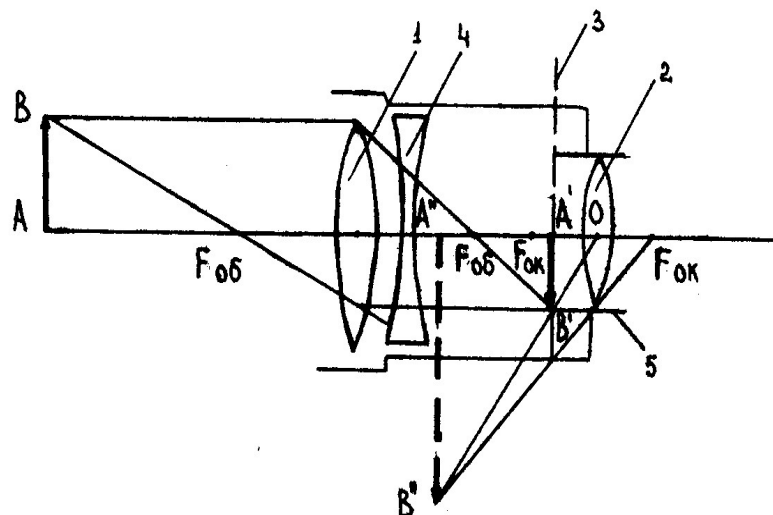


Рис. 1.4. Ход лучей в зрительной трубе:
1 – объектив, 2 – окуляр, 3 – сетка нитей, 4 – двояковогнутая линза,
5 – окулярное колено

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

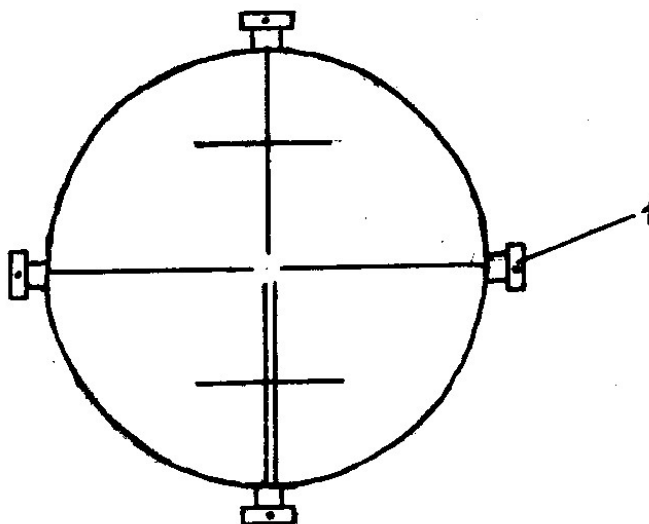


Рис. 1.5. Сетка нитей:
1 – исправительные винты

Закрепительные, наводящие и подъемные винты. Для обеспечения стационарного положения основных частей теодолита имеются закрепительные винты лимба 1 (рис. 1.6), алидады 2 и трубы 3. Для придания плавности движению основных частей при наведении теодолита на точку имеются наводящие винты лимба 4 (рис. 1.7); алидады 5 и трубы 6. Внизу теодолита находится треугольная подставка с тремя подъемными винтами 13 (рис. 1.7). Под ними установлена специальная пластина – трегер 15, через которую с помощью станového винта теодолит крепится к штативу.

На рис. 1.6 и 1.7 показаны теодолиты 2Т30 и 2Т30П, отличающиеся от Т30 (рис. 1.8) лишь наличием уровня 8 при трубе и шкалового микроскопа.

1.4. 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).

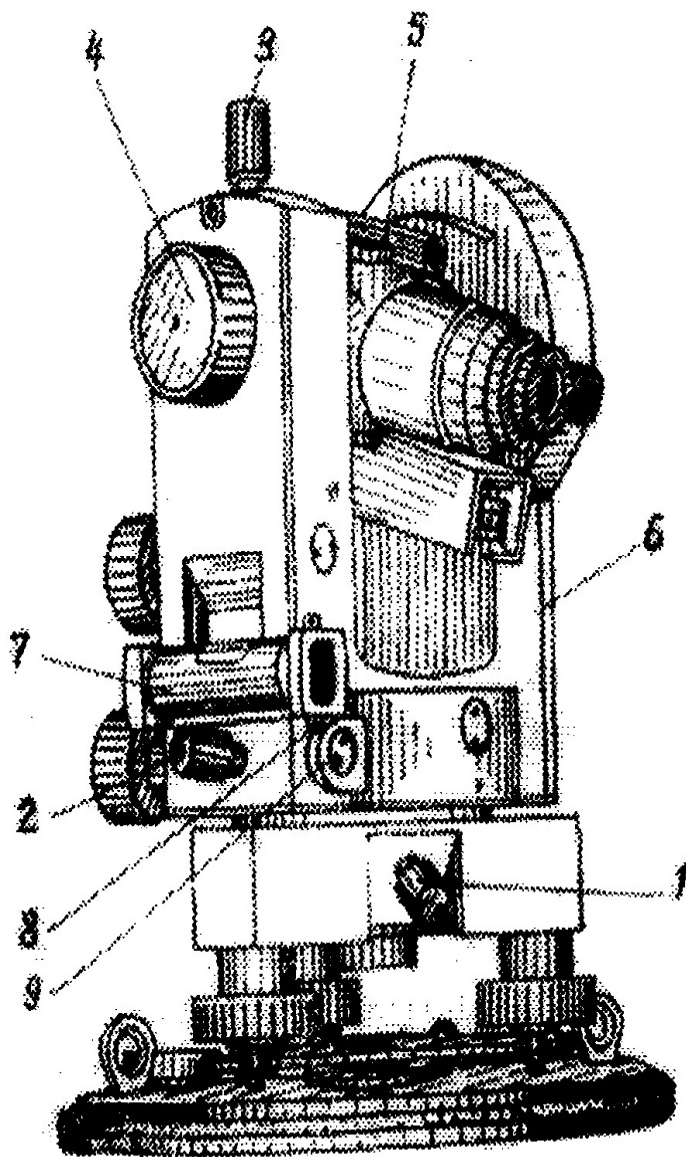


Рис. 1.6. Теодолит 2Т30: 1 – закрепительный винт лимба; 2 – закрепительный винт алидады; 3 – закрепительный винт трубы; 4 – кремальера; 5 – визир; 6 – колонка; 7 – уровень при алидаде; 8 – юстировочный винт; 9 – гильза.

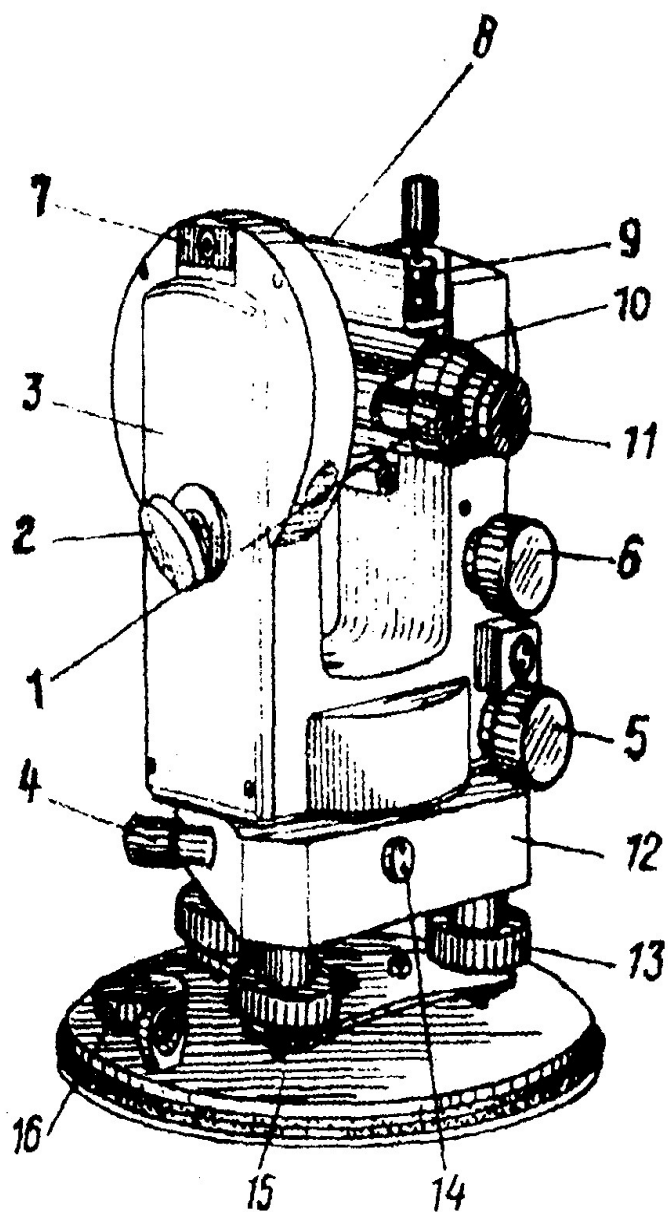


Рис. 1.7. Теодолит 2Т30П: 1 – окуляр микроскопа;
 2 – зеркало подсветки; 3 – боковая крышка;
 4 – наводящий винт лимба; 5 – наводящий винт
 алидады; 6 – наводящий винт трубы; 7 – посадочный
 паз для буссоли; 8 – уровень при трубе;
 9 – юстировочная гайка; 10 – колпачок;
 11 – диоптрийное кольцо окуляра; 12 – подставка;
 13 – подъемные винты; 14 – втулка; 15 – трегер;
 16 – крышка

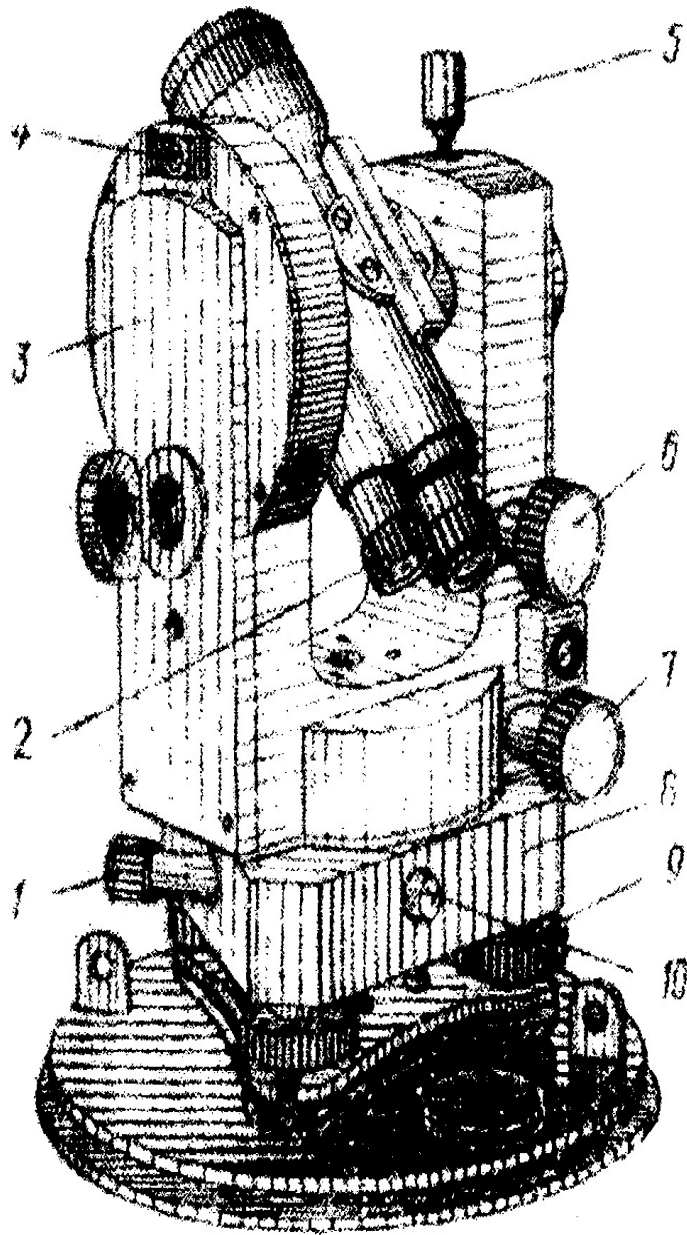


Рис. 1.8. Теодолит Т30: 1 – наводящий винт лимба;
 2 – окуляр микроскопа; 3 – боковая крышка;
 4 – посадочный паз для буссоли;
 5 – закрепительный винт трубы; 6 – наводящий винт
 трубы; 7 – наводящий винт алидады; 8 – подставка;
 9 – подъемные винты подставки; 10 – втулка

Вид поля зрения штрихового микроскопа показан на рис. 1.9.

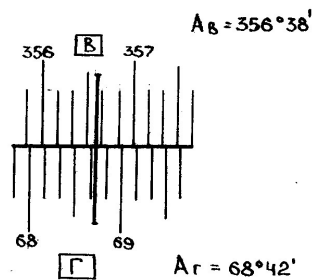


Рис. 1.9. Штриховая система отсчетов

Цена деления лимба в теодолите Т30 составляет $10'$. Отсчет снимают следующим образом: считывают число градусов, стоящее левее отсчетного 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 – $356^{\circ}38'$.

Вид поля зрения шкалового микроскопа теодолита 2Т30 показан на рис. 1.10. 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 $-7^{\circ}12'$.

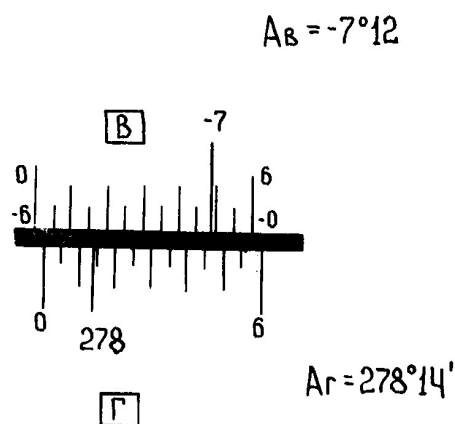


Рис. 1.10. Шкаловая система отсчета в теодолите 2Т30

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

1.5. Общий осмотр 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 уложения прибора в упаковочный ящик. Осмотреть замки ящика и приспособления для его переноски, а также проверить маркировку теодолита и упаковки. По паспорту проверить комплектность теодолита и соответствие ему съемных деталей (буссоли, осветителя, светофильтра и т. д.). После этого 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 и при необходимости подтянуть винты его головки и закрепительные винты.

Не прилагать значительных усилий к вращающимся частям теодолита!

2. ПРИВЕДЕНИЕ ТЕОДОЛИТА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Перед выполнением измерений теодолит с помощью станкового 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 станковом винте. После этого штатив располагают так, чтобы отвес проектировался 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. 2.1, а). Вращением этих винтов в разные стороны приводят пузырек уровня в нуль-пункт. После этого поворачивают алидаду на 90° (рис. 2.1, 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.

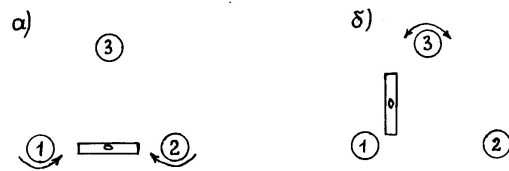


Рис. 2.1. Схема горизонтирования прибора

3. ОСНОВНЫЕ ОСИ И ПОВЕРКИ ТЕОДОЛИТА

3.1. Основные оси

Ось вращения прибора ZZ_1 (рис. 3.1), называемая главной 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.

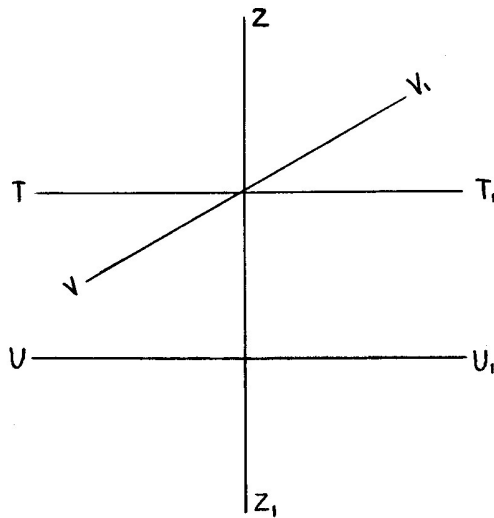


Рис. 3.1. Схема осей прибора

Ось вращения зрительной трубы (TT_1 на рис. 3.1) – геометрическое место точек самого цилиндра трубы.

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

3.2. Поверки теодолита

Каждая поверка теодолита 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 UU_1 должна быть перпендикулярна оси вращения прибора ZZ_1 . Для проверки этого условия уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов. Вращением их в разные стороны приводят пузырек уровня в нуль-пункт (рис. 3.2, *а*). В это время ось уровня займет горизонтальное положение. Если уровень невыверен, то плоскость лимба наклонится к плоскости горизонта на некоторый угол α . После этого алидаду с уровнем поворачивают на 180° (рис. 3.2, *б*). Если пузырек уровня отклонится от нуль-пункта не более чем на одно-два деления, то считают, что условие выполнено. В противном случае, т. е. когда угол наклона оси уровня к горизонту, составляющий 2α , будет соответствовать большему числу делений отклонений пузырька, выполняют исправление. Для исправления подъемными винтами теодолита пузырек приводят к нуль-пункту на половину делений отклонения (рис. 3.2, *в*), а на остальную половину – юстировочными винтами уровня. В это время ось уровня и плоскость лимба станут взаимно параллельными и займут горизонтальное положение.

Поверку выполняют до тех пор, пока не будет выполнено геометрическое условие. Образец записи результатов выполнения поверки приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Поверка уровня теодолита

Номера определений	Число делений отклонения пузырька
1	3
2	2

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы VV_1 должна быть перпендикулярна оси вращения трубы TT_1 . Для проверки этого условия наводят трубу на удаленную и хорошо видимую точку В местности при определенном положении вертикального круга и снимают отсчет по горизонтальному кругу. Пусть вначале вертикальный круг l (рис. 3.3) находится справа от трубы, т. е. это будет положение круг право (КП). Угол неперпендикулярности визирной оси 2 и оси вращения трубы 3 обозначим через C . Такой же угол C будет между осью вращения трубы 3 и прямой 4 , перпендикулярной визирной оси и проходящей через центр круга O .

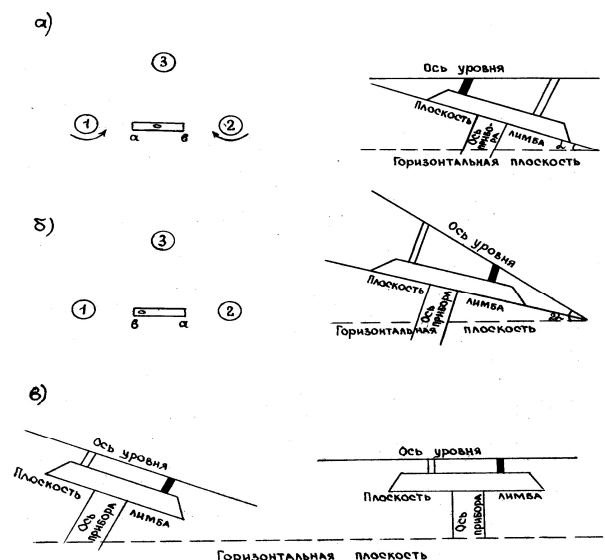


Рис. 3.2. Порядок выполнения первой поверки теодолита

После снятия отсчета КП трубу наводят на ту же самую точку В при круге лево (КЛ) (рис. 3.4) и снимают отсчет по горизонтальному кругу КЛ. Сравнивая рис. 3.3 и 3.4, находим, что

$$КП - (КЛ \pm 180^\circ) = 2С. \tag{3.1}$$

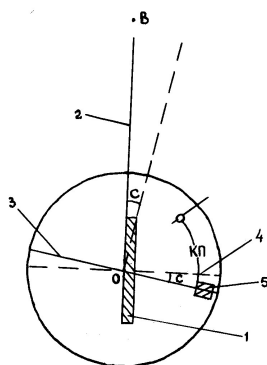


Рис. 3.3. Выполнение второй поверки теодолита при положении КП

Если $2С < 2t$, где t – точность прибора, то считается, что геометрическое условие данной проверки выполнено¹. В противном случае необходимо делать исправление. Здесь же отметим, что формула (3.1) справедлива в том случае, когда отсутствует эксцентриситет алидады горизонтального круга. В общем случае $2С$ следует определять дважды.

¹ Если в уравнении (3.1) $КЛ < 180^\circ$, то $2С = КП - (КЛ + 180^\circ)$.

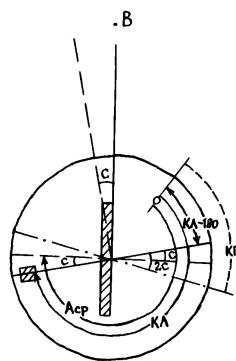


Рис. 3.4. Выполнение второй поверки теодолита при КЛ

При втором определении лимб необходимо переставлять примерно на 180° . Тогда

$$2C = \frac{КП_1 - (КЛ_1 \pm 180^\circ) + КП_2 - (КЛ_2 \pm 180^\circ)}{2}.$$

Это значение будет свободно от влияния эксцентриситета. Поэтому его берут для исправления прибора.

Как следует из рис. 3.3, необходимо визирную ось 2 повернуть на угол С. Чтобы это сделать, необходимо сам теодолит повернуть на этот угол. В результате отсчетное приспособление переместится в отсчет A_{cp} (рис. 3.4):

$$A_{cp} = КЛ + С \quad (3.2)$$

или с учетом формулы (3.1)

$$A_{cp} = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2}. \quad (3.3)$$

Такого отсчета достигают путем вращения наводящего винта алидады. При этом труба сойдет с точки В. Вращением горизонтальных исправительных винтов сетки нитей 1 (рис. 1.5) при ослабленных вертикальных перемещают перекрестие сетки обратно в точку В. Результаты выполнения поверки записывают в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Поверка визирной оси теодолита

Номера определений	КП	КЛ	С	A_{cp}	$2C_{cp}$
1	$6^\circ 10'$	$186^\circ 08'$	$+2'$	$186^\circ 09'$	$+2'$
2	$7^\circ 29'$	$187^\circ 27'$	$+2'$	$187^\circ 28'$	
3	$12^\circ 15'$	$192^\circ 14'$	$+1'$		

Расхождение в определении $2C$ не должно превышать $1'$ для теодолитов Т30 и 2Т30. Поверку и юстировку повторяют до тех пор, пока $2C$ не станет

меньше 1'. Значения отсчетов после юстировки (исправления) записывают в табл. 3.2.

Поверка 3. Ось вращения трубы ТТ₁ должна быть перпендикулярна оси вращения прибора² ZZ₁. Для проверки этого условия наводят зрительную трубу теодолита на высокорасположенную точку в стене здания при определенном положении круга. Точку В берут на расстоянии 30–50 м под углом 45°. При этом положении круга движением трубы вниз переводят крест сетки нитей на горизонтально лежащую нивелирную рейку или миллиметровую линейку и снимают по ней отсчет n₁ (рис. 3.5) в перекрестии сетки нитей. Переводят трубу через зенит и при втором положении круга наводят теодолит на эту же точку В. Переводя движением трубы перекрестие сетки с этой точки на нивелирную рейку, снимают по ней отсчет n₂. Если разница отсчетов n₂ – n₁ не превосходит 5 ÷ 7 мм для указанных расстояний d = 30 ÷ 50 м, то условие считают выполненным. В противном случае теодолит исправляют в мастерской. Поверку выполняют 2 раза. Результаты выполнения поверки записывают в табл. 3.3.

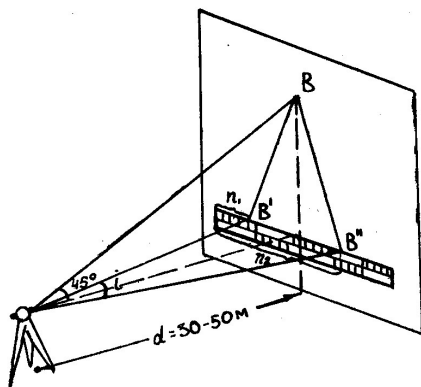


Рис. 3.5. Выполнение третьей поверки теодолита

Таблица 3.3. Поверка оси вращения трубы теодолита

Номера определений	n ₁ , мм	n ₂ , мм	d, мм	n ₂ – n ₁ , мм
1	102 5	1031	40,0	6
2	201 6	2021	40,0	5

Отметим, что допуск на разницу отсчетов n₂ – n₁ рассчитывают по формуле

$$i = \frac{(n_2 - n_1) \text{ мм}}{d \text{ м}} \cdot 3,438, \quad (3.4)$$

² Нарушение этого условия связано с неравенством подставок зрительной трубы.

где i – угол, опирающийся на отрезок $B'B''$ (рис. 3.5), выраженный в минутах. При расчете максимальное значение i берется равным точности прибора. Для теодолита Т30 $i = 0',5$.

В аудиторных условиях эту поверку можно выполнять следующим образом. На определенном расстоянии от теодолита располагают нитяной отвес. При этом нить отвеса выбирают такой длины, чтобы верхняя ее часть находилась под вертикальным углом $30-45^\circ$, а нижняя – примерно на линии горизонта. Крест сетки нитей трубы наводят на верхнюю часть нити отвеса. Затем трубу наклоняют вниз. Если при этом крест сетки нитей будет двигаться вдоль отвесной линии, то условие выполнено, если будет сходить с нее, – нарушено. Исправление прибора производится в мастерской поворотом эксцентриковой втулки в лагерах подставки.

Поверка 4. Горизонтальная нить NN_1 сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения прибора ZZ_1 (рис. 3.6), а вертикальная – параллельна ей при горизонтальном положении трубы.

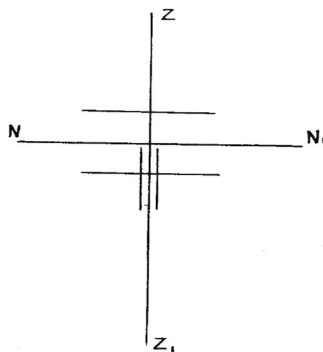


Рис. 3.6. Схема осей в четвертой поверке

Для проверки этого условия наводят на вертикально стоящую нивелирную рейку левый край объектива (рис. 3.7) и по горизонтальной нити снимают отсчет n_1 , а потом наводят правый край и снимают отсчет n_2 .

Если разница отсчетов $n_2 - n_1$ не превосходит по абсолютной величине $5-7$ мм при расстояниях соответственно $d = 30-50$ м, то считают, что условие выполнено. В противном случае исправление сетки выполняют ее поворотом. Поверку повторяют два раза, ее результаты записывают в табл. 3.4.

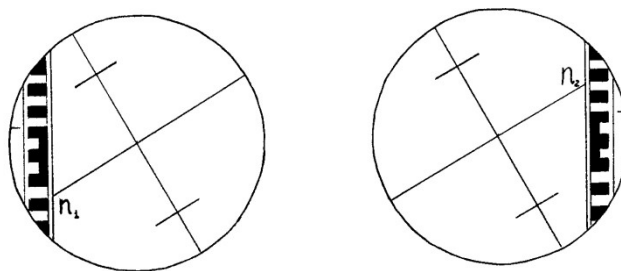


Рис. 3.7. Выполнение четвертой поверки теодолита

Таблица 3.4. Поверка сетки нитей теодолита

Номера определений	n_1 , мм	n_2 , мм	d , м	$n_2 - n_1$, мм
1	1213	1217	40	4
2	2712	2718	40	6

Для расчета допустимой разницы $n_2 - n_1$ применяют формулу (3.4), в аудиторных условиях эту поверку также следует выполнять с помощью отвеса. Для этого наводят перекрестие сетки нитей трубы на середину отвесной линии. Если вертикальная нить сетки нитей совпадает с нитью отвеса, то условие выполнено, если нет – нарушено. Исправление производят поворотом сетки нитей до совпадения вертикальной нити с нитью отвеса.

4. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕОДОЛИТА

4.1. Определение цены деления уровня

Цена деления уровня – угол, на который отклонится ось уровня при смещении пузырька уровня на одно деление. Для определения цены деления уровня приводят теодолит в рабочее положение. Поворотом трубы добиваются отсчета 0° по вертикальному кругу. После этого наводят теодолит на нивелирную рейку, выставленную на расстоянии 50–60 м от прибора и снимают отсчет на рейке по средней нити L_1 (рис. 4.1, а). При этом один из подъемных винтов должен располагаться в направлении визирования (рис. 4.1, б). Вращением этого винта отклоняют пузырек на n ($3 \div 4$) делений уровня и снимают второй отсчет по рейке L_2 (рис. 4.1. в).

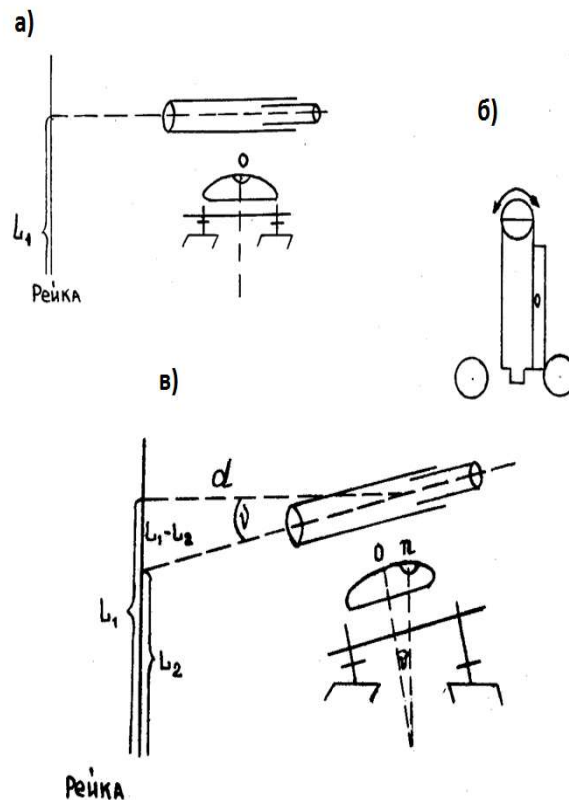


Рис. 4.1. Определение цены деления уровня

Цену деления определяют по формуле

$$\tau'' = \frac{\nu}{n} = \frac{(L_1 - L_2)_{\text{мм}}}{d_{\text{м}} \cdot n} \cdot 206'' \quad (4.1)$$

Все данные записываются в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Определение цены деления уровня

Номера определения	L_1 , мм	L_2 , мм	d , м	n	τ''	$\tau''_{\text{ср}}$
1	2363	2358	9	4	29''	32''
2	7148	7142	9	4	34	

При выполнении исследования в аудиторных условиях при $d = 7 \div 9$ м расхождения между значениями τ'' не должны превышать 6''. При этом n следует задавать равным 4. Расстояние d определяется по дальномерным нитям или измеряется рулеткой.

4.2. Определение увеличения трубы

Для определения увеличения трубы наводят ее на нивелирную рейку, расположенную на расстоянии 3–4 м от прибора, и снимают отсчеты по дальномерным нитям n_1 и n_2 . После этого проектируют дальномерные нити на ту же рейку, рассматриваемую невооруженным глазом, и снимают отсчеты по ним m_1 и m_2 (рис. 4.2). Для проектирования дальномерной нити, визируя одним глазом, находят ее в окуляре. После этого, отступив примерно на 5 см назад, открывают второй глаз. В поле зрения трубы появляется неувеличенное изображение l рейки (рис. 4.2), по которому и снимают отсчет.

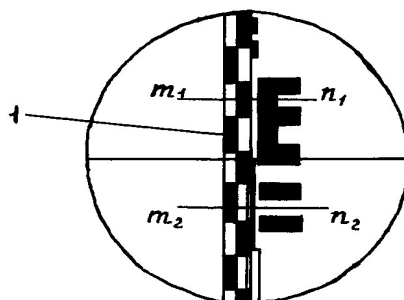


Рис. 4.2. Определение увеличения зрительной трубы

Увеличение трубы находят из выражения

$$V^X = \frac{m_1 - m_2}{n_1 - n_2}. \quad (4.2)$$

Необходимые данные при этом записывают в табл. 4.2.

Таблица 4.2. **Определение увеличения трубы**

№ определений	n_1 , мм	n_2 , мм	m_1 , мм	m_2 , мм	V^X	$V^X_{\text{ср}}$
1	1298	1271	1560	1010	20,4	20,8
2	1355	1328	1630	1058	21,2	

Расхождение между значениями V^X , определенными дважды, не должно превышать 3^X .

4.3. Определение поля зрения трубы

Поле зрения трубы – это угол φ между краями диафрагмы сетки нитей, вершина которого находится в оптическом центре объектива (рис. 4.3).

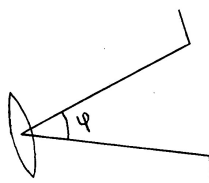


Рис. 4.3. Угол поля зрения зрительной трубы

Для определения угла φ наводят на точку А местности левый край поля зрения трубы (рис. 4.4, а) и снимают отсчет a_1 по горизонтальному кругу. После этого поворачивают алидаду и наводят на ту же точку правый край поля зрения (рис. 4.4, б) и снимают отсчет по горизонтальному кругу a_2 . Тогда поле зрения трубы определяют по формуле

$$\varphi = a_1 - a_2. \quad (4.3)$$

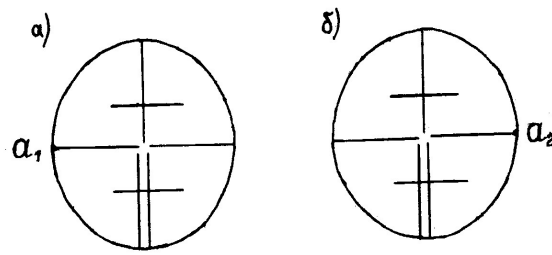


Рис. 4.4. Определение угла φ

Результаты измерений записывают в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Определение поля зрения трубы

№ определений	a_1	a_2	φ	$\varphi_{\text{ср}}$
1	$68^{\circ}38'$	$70^{\circ}41'$	$2^{\circ}03'$	$2^{\circ}03,5'$
2	$78^{\circ}37'$	$80^{\circ}41'$	$2^{\circ}04'$	

Поле зрения определяют дважды. Расхождение между полученными значениями не должно превышать $2'$.

5. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ, ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ И РАССТОЯНИЙ

5.1. Измерение горизонтальных углов

Измерение горизонтальных углов выполняют способом полного приема.

Для измерения горизонтального угла β в точке 2 (рис. 5.1) устанавливают теодолит и приводят его в рабочее положение. При КП наводят зрительную трубу на точку 3 местности. При этом лимб должен быть закрепленным!

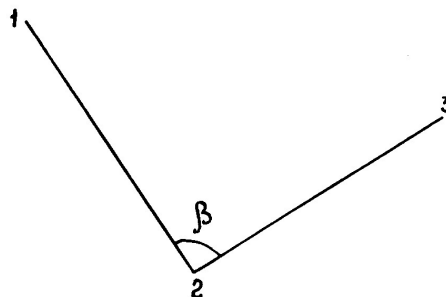


Рис. 5.1. Схема горизонтального угла

Наведение зрительной трубы на точку выполняют следующим образом. Открыв трубу и алидаду, наводят перекрестие оптического коллиматорного визира на точку. Изображение точки должно появиться в поле зрения трубы. Если его не видно, то необходимо вращением кремальеры добиться четкого изображения предмета, а вращением окуляра установить четкое изображение сетки нитей. После этого, закрепив трубу и алидаду, наводящим винтом алидады, а потом и наводящим винтом трубы наводят перекрестие сетки нитей на заданную точку 3. Если в точке визирования стоит веха, то перекрестие наводят на ее основание.

Снимают отсчет по горизонтальному кругу, например, $321^{\circ}31'$ (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Журнал измерения горизонтального угла

Наблюдал: Якушев Н. С.

Записывал: Мальцев Н. И.

Номера точек		Отсчеты по верньерам				Углы				Прямые, обратные, азимуты или румбы	Мера линии: 1-е измерение, 2-е измерение	Углы наклона
стояния	наблюдения	I		II	среднее	КП и КЛ		среднее				
		°	'	'		°	'		°			
	3	321	31			101	15					
	1	220	16									
2								101	15,5			
	3	166	41			101	16					
	1	65	25									

После этого прикрепляют алидаду и наводят зрительную трубу на точку 1. Снимают отсчет по горизонтальному кругу, например $220^{\circ}16'$. Разность отсчетов на точки 3 и 1 дает значение горизонтального угла, измеренного одним полуприемом. Его значение равно $101^{\circ}15'$ (табл. 5.1).

Прежде чем перейти к измерению угла при втором положении вертикального круга, необходимо лимб переставить на угол порядка 5° . Это делают в такой последовательности. Открепляют лимб и поворачивают теодолит (при закрепленной алидаде) в какую-либо сторону на угол, равный приблизительно 5° . Потом лимб закрепляют, открепляют алидаду и выполняют измерение угла при КЛ в той же последовательности.

Снимают отсчеты при наведении на точки 3 и 1, записывают в журнал (табл. 5.1) и вычисляют второе значение горизонтального угла – $106^{\circ}16'$. Расхождение между значениями угла, полученными в полуприемах, не должно превышать двойной точности прибора, т. е. $2t = 1'$ для теодолита Т30.

Если расхождение допустимо, то вычисляют среднее значение угла. На этом заканчивают полный прием измерения.

5.2. Измерение углов наклона (вертикальных углов)

Порядок измерения углов наклона следующий. Зрительную трубу наводят на точку 3 при положении вертикального круга, например, КЛ. Предварительно необходимо привести в горизонтальное положение цилиндрический уровень при горизонтальном круге с помощью подъемных винтов. Снять отсчет КЛ по вертикальному кругу и записать его в журнал измерения углов (табл. 5.2). Например, при КЛ получен отсчет $6^{\circ}31'$. Поворачивают трубу через зенит и при втором положении круга наводят ее на ту же самую точку. Снимают отсчет по вертикальному кругу, например, $173^{\circ}27'$. Вычисляют место нуля (МО) по формуле

$$MO = \frac{KL + KP - 180^{\circ}}{2} = \frac{6^{\circ}31' + 173^{\circ}27' - 180^{\circ}}{2} = -0^{\circ}01'$$

и дважды находят значение угла наклона

$$v = KL - MO = 6^{\circ}31' - (-0^{\circ}01') = +6^{\circ}32';$$

$$v = MO + 180^{\circ} - KP = -0^{\circ}01' + 180^{\circ} - 173^{\circ}27' = +6^{\circ}32'.$$

Эти два значения должны быть одинаковыми между собой. На этом заканчивается полный прием измерения вертикального угла.

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

$$MO = (KP + KL) / 2, \quad (5.1)$$

$$v = MO - KP, \quad (5.2)$$

$$v = KL - MO. \quad (5.3)$$

Таблица 5.2. Журнал измерения вертикального угла

Наблюдал: Якушев Н. С. Записывал: Мальцев Н. И.

Номера точек		Отсчеты по верньерам				Углы				Прямые обратные магнитные азимуты или румбы	Мера линии 1-е измерени е, 2-е измерени е	Углы наклона
стояния	наблюдения	I		II	среднее	КП и КЛ		сред нее				
		°	'	'		°	'	°	'			
КЛ	3	6	31									+6°32'
2												
КП	3	173	27									+6°32'
$MO = \frac{КЛ + КП - 180^\circ}{2} = \frac{6^\circ 31' + 173^\circ 27' - 180^\circ}{2} = -0^\circ 01'$												
$v = КЛ - MO = 6^\circ 31' - (-0^\circ 01') = +6^\circ 32'$												
$v = MO + 180^\circ - КП = -0^\circ 01' + 180^\circ - 173^\circ 27' = +6^\circ 32'$												