

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинова Светлана Павловна

Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

Дата подписания: 14.04.2021 13:22:10

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заполярье государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Политехнический колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНО-
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА
«ГЕОДЕЗИЯ»**

для специальности 21.02.17
Подземная разработка месторождений полезных ископаемых

Методические указания для студентов по проведению лабораторно-практических работ междисциплинарного курса «Геодезия» для специальности 21.02.17 Подземная разработка месторождений полезных ископаемых.

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского».

Разработчик: Кудрявцев С.И. - преподаватель

Рассмотрена на заседании предметно-цикловой комиссии естественно-научных и горных дисциплин

Председатель комиссии: _____  М.В. Олейник.

Утверждена методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Протокол заседания методического совета № 4 от «12» 03 2025 г.

Зам. директора по УР _____  Петухова А.В.

Введение

Методические указания для проведения лабораторно-практических занятий предназначены для студентов, обучающихся по специальности 21.02.17 Подземная разработка месторождений полезных ископаемых.

Целью лабораторно-практических работ является закрепление студентами полученных теоретических знаний дисциплины, необходимых при изучении последующих дисциплин горнотехнического профиля.

В пособии рассматриваются следующие вопросы:

- ориентирование линий на местности;
- изучение устройства теодолита;
- поверки и юстировки теодолита;
- организация и порядок проведения теодолитной съёмки;
- изучение устройства нивелира.

Объём некоторых лабораторно-практических работ рассчитан на несколько занятий, что позволяет более глубоко закрепить пройденный материал.

Для проверки студентом своих знаний после каждой работы приведены вопросы самоконтроля.

По окончании работы студенты оформляют письменный отчет, в котором представляют:

- 1 Наименование работы, цель её выполнения.
- 2 Описание работы.
- 3 Вычерчивание схем.
- 4 Расчетные формулы.
- 5 Вывод.
- 6 Ответы на контрольные вопросы.

Практическая работа № 1

Решение задач на ориентирование линии

Цель работы

Научиться определять азимуты и дирекционные углы направлений и устанавливать связь между ними

Общие сведения

Ориентировать линию — значит найти ее направление относительно другого направления, принимаемого за исходное. Горизонтальный угол между исходным направлением и ориентируемой линией называется ориентирным углом.

В качестве исходных принимают направления истинного (географического) меридиана, магнитного меридиана, осевого меридиана, (т. е. оси Ox зональной системы прямоугольных координат либо линии, ей параллельной, проходящей через заданную точку). В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть истинный азимут A , магнитный азимут A_m , дирекционный угол α (или румб r) (рисунок 1.1).

Истинный азимут A данного направления 1—2 — горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана, исходящего из заданной точки 1, до данного направления.

Магнитный азимут A_m данного направления 1—2 — горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана, исходящего из заданной точки 1, до данного направления.

Дирекционный угол α данного направления 1—2 — горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления линии, параллельной осевому меридиану, (т. е. оси Ox), исходящей из заданной точки 1, до данного направления.

Азимуты и дирекционные углы могут изменяться от 0° до 360° .

Румб r данного направления 1—2 — острый угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления меридиана, исходящего из заданной точки 1, до данного направления. Румб изменяется от 0° до 90° , и его значение сопровождается наименованием четверти относительно сторон света.

Угол δ между направлениями истинного (C) и магнитного (C_m) меридианов называется **склонением магнитной стрелки**, со знаком (+) - восточное, со знаком (-) - западное склонение магнитной стрелки. Величина склонения магнитной стрелки меняется со временем.

Угол γ между направлениями истинного (C) и осевого (x) меридианов зоны (оси Ox зональной системы прямоугольных координат) называется **сближением меридианов**, со знаком (+) - восточное, со знаком (-) - западное сближение. Сближение меридианов зависит от географической

широты места φ и может быть вычислено по формуле:

$$\gamma = 0,54 \times l_{\text{км}} \times \text{tg } \varphi_0, \quad (1.1)$$

где $l_{\text{км}}$ – длина дуги параллели на средней географической широте места.

Связь ориентирных углов между собой определяется выражениями:

$$\begin{aligned} A &= A_M + \delta; \\ \alpha &= A - \gamma = A_M + \delta - \gamma = A_M + \Pi, \end{aligned} \quad (1.2)$$

где $\Pi = \delta - \gamma$ – суммарная поправка.

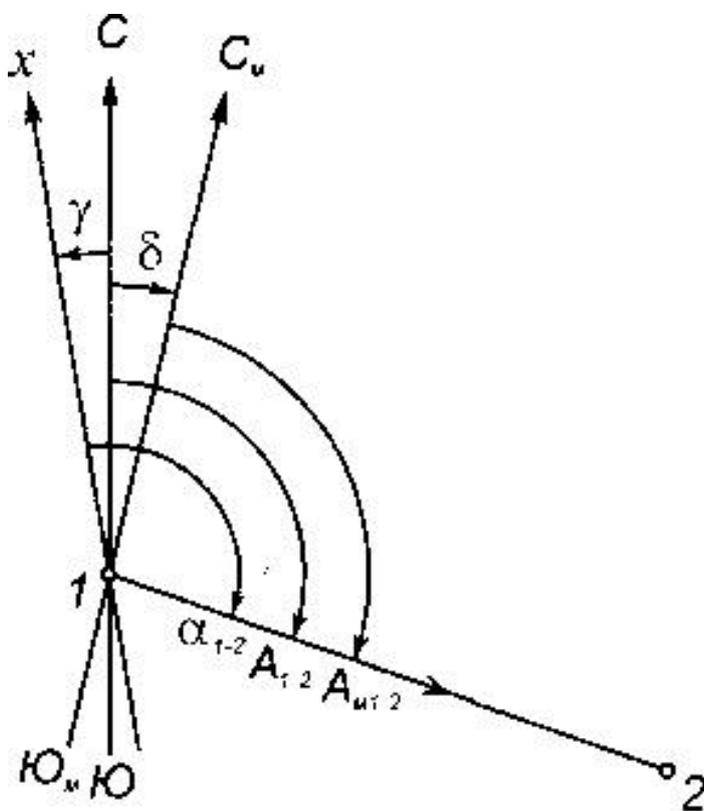


Рисунок 1.1 – Исходные направления и ориентирные углы направления 1-2

Порядок выполнения работы

1 Из рисунка 1.2 вывести соотношение между дирекционным углом α и румбом r . Формулы записать в тетради.

2 Вычислить румбы и дирекционные углы, используя данные из таблицы

- 1.1, соответственно варианту.
 3 Вычисления оформить в тетради.
 4 Ответить на контрольные вопросы.

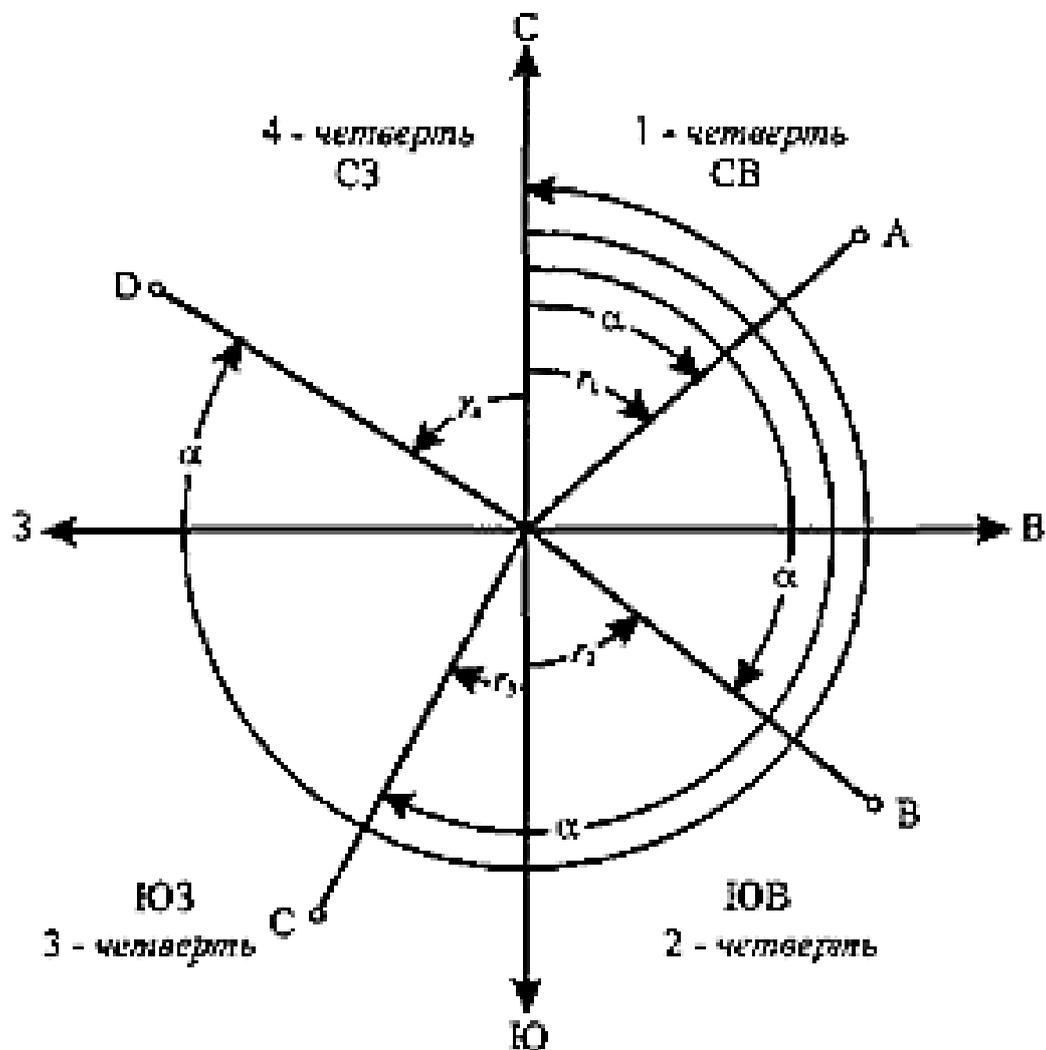


Рисунок 1.2 – Соотношение между дирекционными углами и румбами

Таблица 1.1 – Варианты задания

Вычислить румб		Вычислить дирекционный угол	
№ варианта	Дирекционные углы α	№ варианта	Румбы r
	град мин		град мин
1	124 48	1	СВ: 34 35
2	156 37	2	ЮЗ: 17 45
3	46 18	3	ЮВ: 34 57
4	38 41	4	СЗ: 49 17
5	193 22	5	СЗ: 88 00
6	199 45	6	СВ: 41 45
7	278 20	7	ЮВ: 78 18
8	294 45	8	ЮЗ: 45 00
9	354 30	9	СВ: 84 45
10	90 48	10	ЮВ: 84 45

Контрольные вопросы

- 1 Что значит ориентировать линию?
- 2 Что называют ориентирным углом? Назовите применяемые в геодезии исходные направления и ориентирные углы.
- 3 Дайте определение магнитного и истинного азимутов и дирекционного угла направления. Укажите, как они связаны между собой.
- 4 Что называется румбом и в каких пределах он изменяется?
- 5 Что называется сближением меридианов?
- 6 Что называется склонением магнитной стрелки?

Литература: [1, с. 14-22]; [2, с. 35-49]

Практическая работа № 2

Устройство теодолита и его основных узлов

Цель работы

Изучить устройство технических теодолитов, усвоить производство отсчетов по угломерным кругам

Общие сведения

Осмотр теодолита и правила обращения с ним

Полученный прибор закрепляют на штативе или кронштейне становым винтом. Следует обратить внимание на состояние металлического футляра и выполнить общий осмотр прибора. Теодолит должен свободно, без усилий выниматься и укладываться в футляр; при правильной укладке прибор в футляре должен быть неподвижным. При переносе без футляра прибор удерживают за подставку. После закрепления теодолита на штативе следует убедиться в отсутствии механических повреждений металлических и оптических деталей прибора, произвести проверку металлических узлов, обратив внимание на состояние и работу всех винтов прибора, на плавность вращения его отдельных частей. При установке прибора на штативе нужно следить, чтобы поверхность головки штатива была приблизительно горизонтальна, а подъемные и наводящие винты находились в среднем положении, т. е. имели достаточный запас хода в любую сторону. Следует избегать чрезмерного завинчивания станового и зажимных (закрепительных) винтов. Запрещается поворачивать теодолит в горизонтальной плоскости, взявшись рукой за трубу. Нельзя касаться руками оптических деталей зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

Принципиальная схема теодолита

Теодолиты независимо от их вида и сложности устройства создаются на единой принципиальной схеме, вытекающей из принципов измерения горизонтальных и вертикальных углов. Основной частью теодолита (рисунок 2.1) является горизонтальный круг, состоящий из **лимба** 3 и **алидады** 2. При измерении углов плоскость лимба должна быть горизонтальной, а его центр — устанавливаться на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла. Отвесная линия **ZZ**, проходящая через **ось вращения** алидады горизонтального круга, называется осью вращения **Z** теодолита. Ось вращения теодолита **ZZ** устанавливают в отвесное положение (плоскость лимба – в горизонтальное положение) по цилиндрическому уровню 9 с помощью трех подъемных винтов 1 подставки 10.

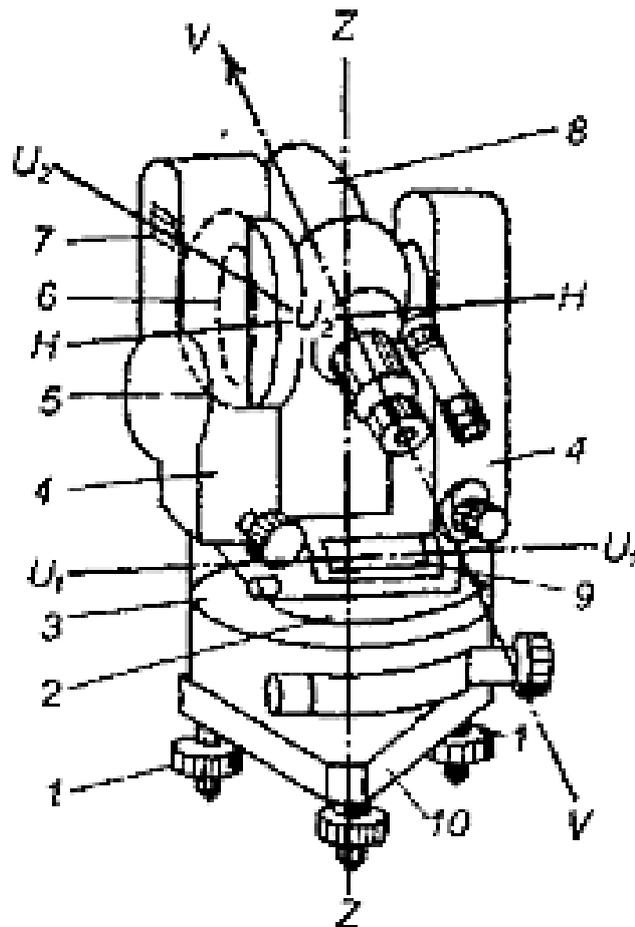


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема теодолита

Лимб и алидада снабжены зажимными (закрепительными) винтами, служащими для закрепления их в неподвижном положении, и наводящими винтами — для их медленного и плавного вращения.

Визирование на наблюдаемые цели выполняют **зрительной трубой 8**, визирная ось VV которой при вращении трубы вокруг горизонтальной оси HH образует проектирующую плоскость, называемую коллимационной. Зрительная труба соединена с алидадой горизонтального круга с помощью колонки 4. На одном из концов оси вращения зрительной трубы закреплен вертикальный круг 5, имеющий **цилиндрический уровень 7**. Зрительная труба имеет закрепительный и наводящий винты.

Теодолит закрепляется на штативе **становым винтом**. К крючку станového винта привязывается нить отвеса, служащая продолжением вертикальной оси вращения прибора ZZ . С помощью отвеса теодолит центрируется над точкой, т. е. устанавливается таким образом, чтобы ось ZZ вращения прибора проходила через вершину измеряемого угла. Становые винты изготавливают полыми, что позволяет использовать для центрирования теодолита над точкой оптические **центрыры**.

Основные части теодолита

Горизонтальный круг теодолита служит для измерения горизонтальных углов и состоит из лимба и алидады.

Лимб в оптических теодолитах представляет стеклянное кольцо, по наружной окружности которого нанесены равные деления. Величина дуги лимба между двумя ближайшими штрихами называется ценой деления лимба. Оцифровка лимба производится через 1° по часовой стрелке от 0 до 360° .

Роль **алидады** выполняют специальные оптические системы, являющиеся отсчетными устройствами. Алидада может вращаться вокруг своей оси совместно с верхней частью теодолита относительно неподвижного лимба; при этом отсчет по горизонтальному кругу изменяется. Если алидада вращается вокруг оси совместно с лимбом (зажимный винт алидады закреплен, а лимба — откреплен), то отсчет по горизонтальному кругу остается неизменным.

Вертикальный круг служит для измерения углов наклона, используемых для вычисления горизонтальных проложений линий и превышений.

Лимб вертикального круга жестко закреплен на оси вращения зрительной трубы и вращается вместе с ней; при этом нулевой диаметр лимба должен быть параллелен визирной оси трубы. Алидада вертикального круга при вращении трубы остается неподвижной.

У теодолитов типа ТЗО цилиндрический уровень при алидаде вертикального круга отсутствует.

В технических теодолитах используются различные системы вертикальных кругов:

а) круговая, при которой деления круга подписаны от 0 до 360° против хода часовой стрелки (у теодолита ТЗО);

б) секторная, при которой вертикальный круг разбит на четыре сектора от 0 до 60° (или 75°), из которых два диаметрально противоположных сектора имеют положительную оцифровку, а два других — отрицательную (у теодолитов 2Т30 и 4Т30П). Такая система надписей более удобна, так как отсчеты градусов получаются одинаковыми по обеим сторонам вертикального круга, что упрощает вычисления углов наклона.

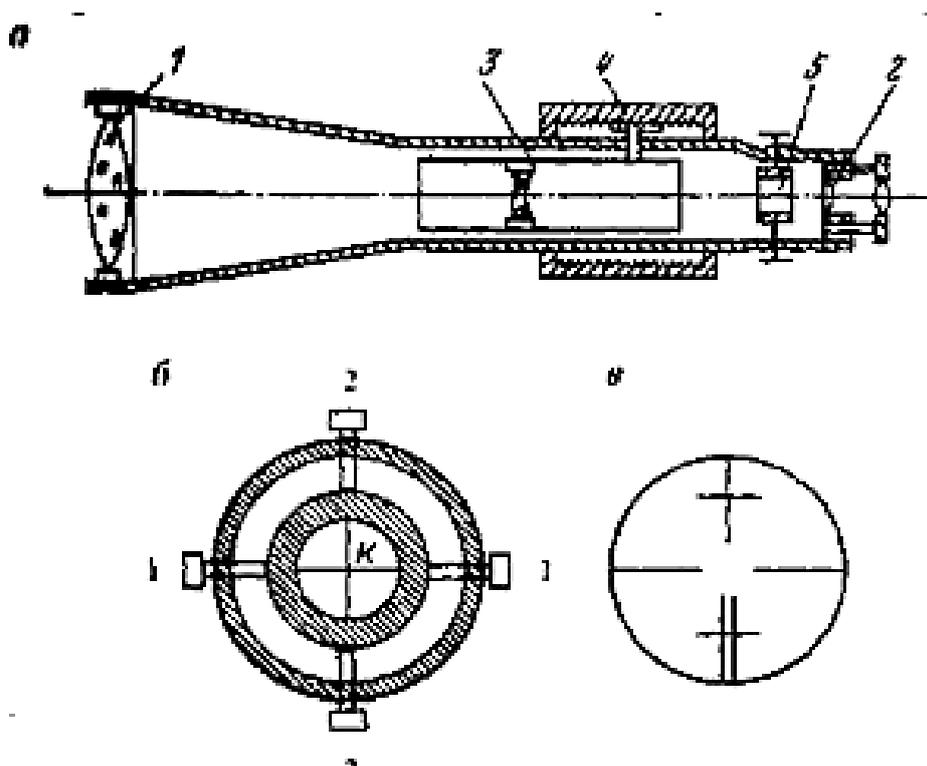


Рисунок 2.2 - Зрительная труба: а — продольный разрез трубы;
 б — схема крепления оправы; в – сетка нитей теодолита

Зрительная труба теодолита служит для визирования на удаленные наблюдаемые цели. Перед наблюдением зрительная труба должна быть отрегулирована так, чтобы в поле зрения трубы отчетливо было видно изображение визирной цели. Такая установка зрительной трубы называется ее **фокусированием**. В теодолитах типа ТЗО применяют трубы с внутренним фокусированием.

Оптическая система зрительной трубы с внутренним фокусированием (рисунок 2.2, а) состоит из объектива 1, окуляра 2, внутренней фокусирующей линзы 3, которая перемещается внутри трубы вращением кремальеры 4 (фокусировочного винта) и сетки нитей 5. Сетка нитей представляет собой систему штрихов, нанесенных на стеклянной пластинке, которая помещена в металлической оправе (рисунок 2.2, б). Основные штрихи сетки используют для наведения трубы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Двойной вертикальный штрих называется **биссектором нитей** (рисунок 2.2, в); визирование на наблюдаемую цель биссектором производится точнее, чем одной нитью. Точка пересечения основных штрихов сетки нитей либо осей заменяющих их биссекторов называется **перекрестием сетки нитей**.

Воображаемая линия, соединяющая перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива, называется **визирной осью трубы**, а ее продолжение до наблюдаемой цели — **линией визирования**.

Оправа сетки нитей снабжена (см. рисунок 2.2, б) юстировочными (исправительными) винтами: двумя горизонтальными 1 и двумя вертикальными 2. С помощью каждой из пар исправительных винтов сетку нитей можно перемещать в горизонтальной и вертикальной плоскостях, изменяя тем самым положение визирной оси зрительной трубы.

При визировании на цель наблюдатель должен отчетливо видеть в поле зрения трубы штрихи сетки нитей и изображение рассматриваемого предмета. Для выполнения этого условия должна быть выполнена установка зрительной трубы для наблюдения, которая из установки ее по глазу и по предмету.

Установку трубы по глазу выполняют перемещением соответствующего диоптрийного кольца окуляра до получения четкой видимости штрихов сетки нитей в поле зрения трубы и шкал горизонтального и вертикального кругов в поле зрения отсчетного микроскопа. Она выполняется каждым наблюдателем соответственно остроте его зрения и периодически проверяется.

Установку трубы по предмету (фокусирование) для получения отчетливого изображения визирной цели осуществляют перемещением фокусирующей линзы с помощью кремальеры. При наблюдении предметов, расположенных на различных расстояниях от прибора, фокусирование приходится производить каждый раз заново.

Цилиндрический уровень служит для приведения оси вращения теодолита в отвесное положение, а плоскости лимба горизонтального круга — в горизонтальное положение.

Цилиндрический уровень (рисунок 2.3, а) представляет собой стеклянную трубку (ампулу), внутренняя поверхность которой в вертикальном продольном разрезе имеет вид дуги окружности определенного радиуса. Ампула заполнена легкоподвижной жидкостью (серным эфиром или спиртом); пары жидкости в ампуле образуют небольшое пространство, которое называют пузырьком уровня. Юстировку уровня, т. е. его установку на приборе в требуемом положении, выполняют юстировочными (исправительными) винтами.

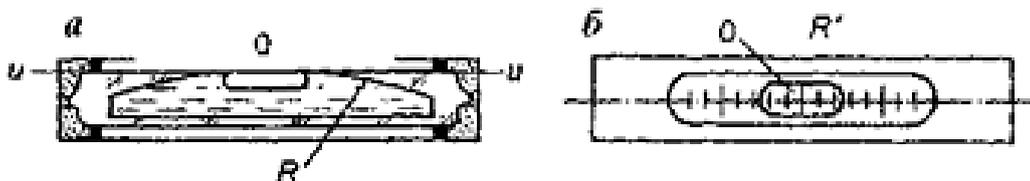


Рисунок 2.3 - Цилиндрический уровень: а - разрез; б - вид сверху

На наружной поверхности ампулы нанесены деления через 2 мм (рисунок 2.3, б). Средний штрих шкалы 0 называется **нуль-пунктом**

уровня. Касательная и—и к дуге внутренней поверхности уровня в нуль-пункте называется **осью цилиндрического уровня.** Если пузырек уровня находится в нуль-пункте, то ось уровня горизонтальна.

Центральный угол, соответствующий одному делению ампулы, называется ценой деления уровня.

Отсчетные устройства теодолитов ТЗО, 2ТЗО и 4ТЗОП

Отсчетом по угломерному кругу – называется угловая величина дуги между нулевым штрихом лимба и индексом алидады.

Для оценки интервала между младшим штрихом лимба и индексом служат **отсчетные устройства.**

Отсчетные устройства состоят из двух частей: устройства для оценки долей наименьших делений лимба и микроскопа, служащего для увеличения изображения его делений. Для оценки долей наименьших делений лимба в технических теодолитах используют два типа отсчетных устройств:

- 1) микроскоп-оценщик (штриховой микроскоп) — теодолит ТЗО;
- 2) шкаловой микроскоп — теодолиты 2ТЗО и 4ТЗОП.

Изображения шкал горизонтального и вертикального угломерных кругов с помощью специального оптического устройства передаются в поле зрения отсчетного микроскопа.

Микроскоп-оценщик теодолита ТЗО — отсчетное устройство, в котором интервал между младшим штрихом и индексом оценивается на глаз до десятых долей делений лимба (рисунок 2.4). Цена деления лимбов обоих кругов 10', причем подписаны только градусные деления; отсчеты берутся с точностью до 1'. В поле зрения микроскопа строятся одновременно изображения шкал горизонтального круга (буква «Г») и вертикального круга (буква «В») с общим индексом, расположенным в центре поля зрения. Штрихи обоих лимбов разделены перемычкой.

В поле зрения **шкалового микроскопа** теодолита 2ТЗО видны изображения лимба и шкалы, длина которой равна изображению градусного деления лимба (рисунок 2.5). Цена деления шкал равна 5', отсчеты по угломерным кругам берутся с точностью до 0,5'. Отсчетным индексом служит градусный штрих лимба, расположенный в пределах шкалы.

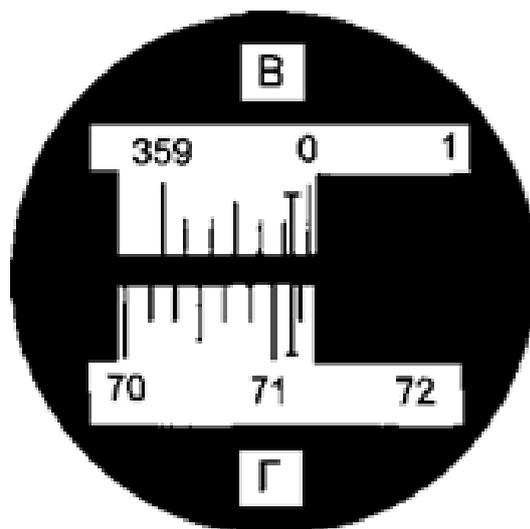


Рисунок 2.4 - Микроскоп оценщик (штриховой микроскоп) теодолита ТЗО

Отсчеты: по горизонтальному кругу - $71^{\circ}07'$; по вертикальному кругу - $359^{\circ}53'$

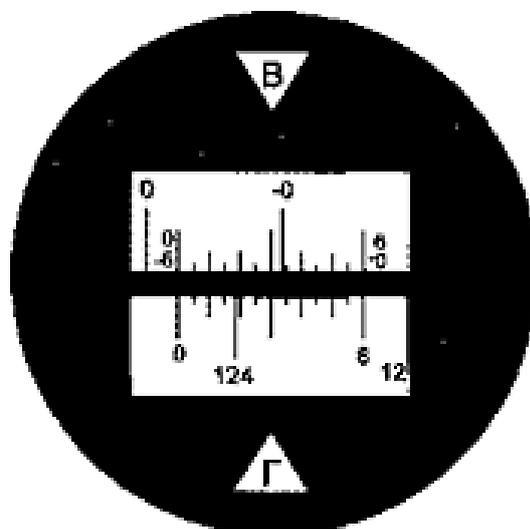


Рисунок 2.5 - Шкаловый микроскоп теодолитов 2ТЗО и 4ТЗОП

Отсчеты: по горизонтальному кругу — $124^{\circ}18,5'$; по вертикальному кругу - $-0^{\circ}26,5'$

Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр со знаками «+», (т. е. без знака) и «—». По верхнему ряду со знаком «+» отсчитывают минуты

слева направо в случаях, когда в пределах шкалы находится градусный штрих вертикального круга со знаком «+»; по нижнему ряду со знаком «—» берут отсчет справа налево, когда в пределах шкалы находится градусный штрих с тем же знаком.

У теодолита 4ТЗ0 в экспортном варианте горизонтальный (Н) и вертикальный (V) угломерные круги разделены на 360° , цена деления шкал микроскопа составляет 1'.

Устройство теодолитов ТЗ0, 2ТЗ0 и 4ТЗ0П

Повторительные теодолиты ТЗ0 и 2ТЗ0 имеют одинаковое устройство; 2ТЗ0 отличается от ТЗ0 лишь типом отсчетного устройства. Конструкция теодолита 4ТЗ0П имеет ряд специфических особенностей, которые указаны далее.

Теодолит 2ТЗ0 (рисунок 2.6) закрепляется станковым винтом 9 на головке штатива 8 вместе с круглым металлическим основанием 26, являющимся дном футляра прибора, что позволяет упаковывать его, не снимая со штатива. С основанием жестко соединена подставка 23 с тремя подъемными винтами 24.

Горизонтальный круг состоит из лимба и алидады, имеющих, соответственно, зажимные (закрепительные) 7 и 11 и наводящие 13 и 22 винты. На рисунке цифрами 25 и 10 обозначены втулка и гильза этих винтов. Зажимные винты лимба и алидады обеспечивают как совместное с лимбом, так и отдельное вращение алидады относительно неподвижного лимба; это позволяет измерять горизонтальные углы способами приемов и повторений.

Зрительная труба с внутренним фокусированием имеет увеличение $20\times$. Корпус зрительной трубы представляет единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонки 15, и обоими концами переводится через зенит. Фокусирование трубы по наблюдаемой цели осуществляют вращением кремальеры 1. Вращением диоптрийного кольца 2 окуляр 20 устанавливается по глазу наблюдателя до резкой видимости изображения сетки нитей, находящейся под крышкой 3.

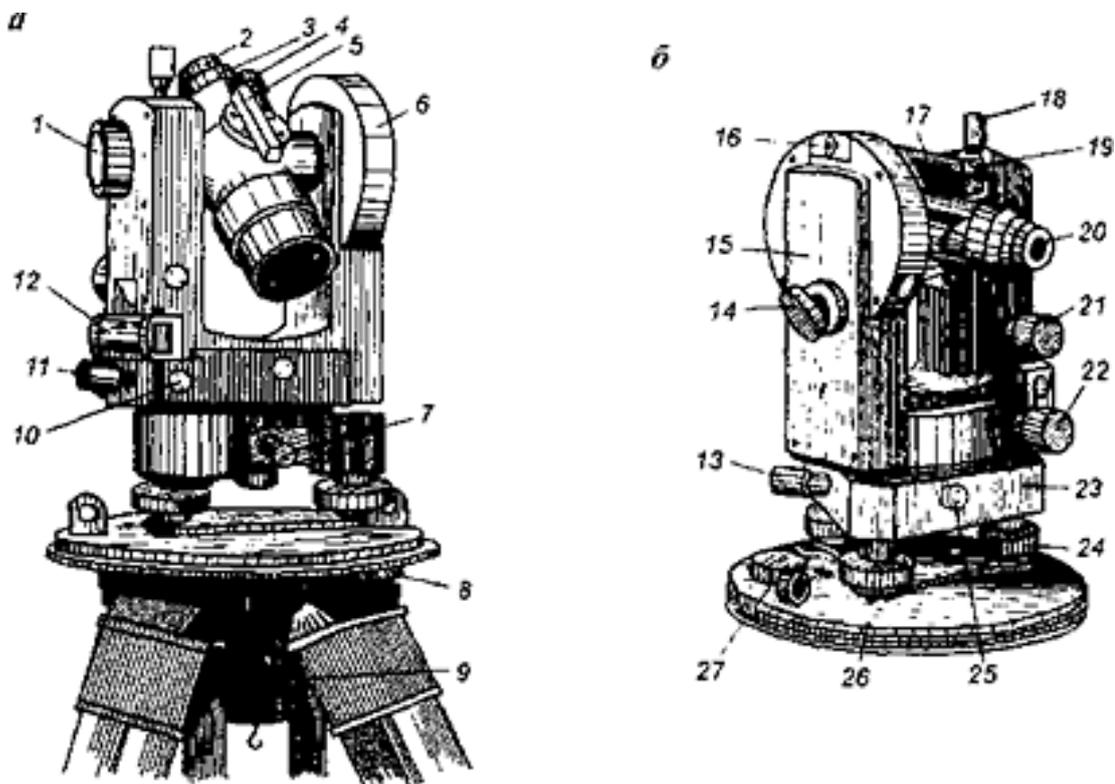


Рисунок 2.6 - Теодолит 2Т30: а — вид слева; б — вид справа

Перемещение сетки нитей производят при помощи котировочных винтов. Коллиматорный визир 5 предназначен для грубого наведения зрительной трубы. Точное наведение зрительной трубы на цель в горизонтальной плоскости осуществляют наводящим винтом 22 после закрепления алидады, а в вертикальной плоскости — наводящим винтом 21 зрительной трубы после закрепления ее винтом 18.

На корпусе алидады установлен цилиндрический уровень 12 с ценой деления 45", с помощью которого ось вращения прибора приводят в отвесное положение подъемными винтами; уровень снабжен юстировочным винтом.

Вертикальный круг 6 служит для измерения углов наклона. Цилиндрический уровень при алидаде вертикального круга отсутствует; его функции выполняет цилиндрический уровень 12 при алидаде горизонтального круга, который располагается параллельно коллимационной плоскости. Отсчеты по угломерным кругам можно видеть через окуляр микроскопа 4, отрегулировав освещение шкал с помощью зеркала 14 через иллюминатор. В колонке размещена оптическая отсчетная система.

Центрирование теодолита над точкой можно выполнять с помощью зрительной трубы, которую устанавливают вертикально объективом вниз, визируя через ось вращения алидады. Для удобства центрирования

теодолита с помощью зрительной трубы, а также при визировании на цели под углом более 45° к горизонту применяют окулярные насадки, надеваемые на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа. Насадка на зрительную трубу снабжена откидным светофильтром для визирования на Солнце.

Теодолит имеет посадочный паз 16 для съемной ориентир-буссоли. Наличие в зрительной трубе нитяного дальномера позволяет измерять расстояния. Зрительная труба теодолита снабжена цилиндрическим уровнем 17 с ценой деления $20''$, имеющим котировочные гайки 19. При транспортировке отверстие в основании закрывают крышкой 27, свинчиваемой с бобышки.

В отличие от теодолита 2Т30 теодолит 4Т30П имеет съемную подставку. В подставке размещен оптический центрир для центрирования теодолита над точкой.

При измерении горизонтальных углов перестановку участков горизонтального круга между приемами выполняют рукояткой после нажатия на нее вдоль оси вращения.

Для освещения поля зрения отсчетного микроскопа при неблагоприятных условиях видимости служит фонарь, который устанавливается в паз на боковой крышке теодолита (на месте крепления ориентир-буссоли) и закрепляют винтом.

Установка теодолита в рабочее положение

Перед началом измерений теодолит устанавливают над точкой в рабочее положение. Полная установка теодолита в рабочее положение складывается из следующих операций:

- 1 центрирование прибора над точкой;
- 2 горизонтирование теодолита;
- 3 установка зрительной трубы для наблюдений.

Центрированием теодолита называются действия, в результате которых центр лимба горизонтального круга совмещается с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора. Центрирование может быть выполнено с помощью нитяного отвеса либо оптического центрира.

При центрировании теодолита с помощью нитяного отвеса штатив устанавливают так, чтобы отвес, подвешенный к крючку становой винта, оказался приблизительно над точкой, а поверхность головки штатива была примерно горизонтальна. Затем, ослабив становой винт, теодолит перемещают по головке штатива до положения, когда острие отвеса будет находиться над центром точки; после этого становой винт закрепляют.

При центрировании с помощью оптического центрира на зрительную трубу надевают окулярную насадку и устанавливают трубу вертикально объективом вниз. Наблюдая через окулярную насадку, теодолит перемещают по головке штатива до тех пор, пока в поле зрения центр точки

не совпадет с центром сетки нитей.

Горизонтирование теодолита заключается в приведении оси его вращения в отвесное положение, а следовательно, плоскости лимба — в горизонтальное положение. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга. Для этого цилиндрический уровень (рис. 2.7, а) устанавливают по направлению двух подъемных винтов и вращением их в разные стороны выводят пузырек уровня в нуль-пункт.

Затем поворачивают алидаду на 90° (рис. 2.7, б) и третьим подъемным винтом выводят пузырек уровня в нуль-пункт.

После горизонтирования теодолита уточняют его центрирование.

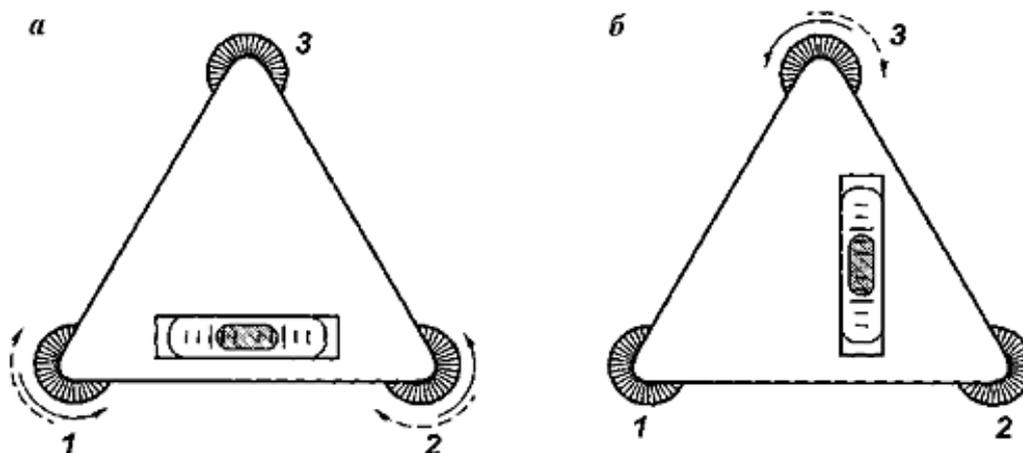


Рисунок 2.7 - Схема горизонтирования теодолита

Установка зрительной трубы для наблюдения включает в себя установку трубы по глазу наблюдателя и по предмету, т. е. фокусирование трубы по наблюдаемой цели (см. Основные части теодолита).

Порядок выполнения работы

- 1 Общий осмотр прибора и изучение правил обращения с ним.
- 2 Зарисовать геометрическую схему теодолита, на которой следует показать цветной тушью основные оси теодолита (ось вращения теодолита, горизонтальная ось теодолита, визирная ось зрительной трубы, ось цилиндрического уровня) и дать их определения.
- 3 Основные части теодолита: горизонтальный круг, вертикальный круг, зрительная труба, уровень.

4 Взять отсчеты по горизонтальному и вертикальному угломерным кругам.

5 На рисунке (или его ксерокопии) выносками показать основные детали прибора.

6 Установить теодолит в рабочее положение.

7 Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1 Основные правила обращения с теодолитом.

2 Назовите основные части теодолита.

3 Что называется вертикальной осью вращения теодолита?

4 Что представляют собой лимб и алидада горизонтального круга теодолита?

5 Что такое отсчет по горизонтальному кругу? Показать на чертеже.

6 Назовите типы отсчетных устройств, используемых в теодолитах ТЗО и 2ТЗО (4ТЗОП).

7 Что называют ценой деления лимба?

8 Какие системы оцифровки вертикальных кругов используются в теодолитах ТЗО и 2ТЗО (4ТЗОП) ?

9 Назовите основные детали зрительной трубы теодолита.

10 Что называется визирной осью зрительной трубы и линией визирования?

11 Что называется осью цилиндрического уровня и ценой деления уровня?

12 Из каких операций складывается установка теодолита в рабочее положение? Объясните порядок выполнения каждой из операций.

13 Назовите основные геометрические условия, предъявляемые к конструкции теодолита.

Литература: [2, с. 52-80]; [1, с. 107-110]

Практическая работа № 3

Поверки и юстировки теодолита

Цель работы

Уяснить сущность основных геометрических условий, предъявляемых к конструкции теодолита, научиться выполнять его поверки и юстировки.

Общие сведения

После внешнего осмотра теодолита и регулировки его механических деталей выполняют его поверки и юстировки.

Конструкция теодолита как угломерного прибора должна удовлетворять следующим основным геометрическим условиям (см. рисунок 3.1):

1 Ось цилиндрического уровня U_1U_1 должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .

2 Визирная ось зрительной трубы W должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита (оси вращения зрительной трубы) HH .

3 Горизонтальная ось теодолита HH должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .

Действия, имеющие целью выявить соблюдение геометрических условий, предъявляемых к конструкции прибора, называются **поверками**. Действия, направленные на устранение выявленных нарушений в приборе, называются **юстировкой**.

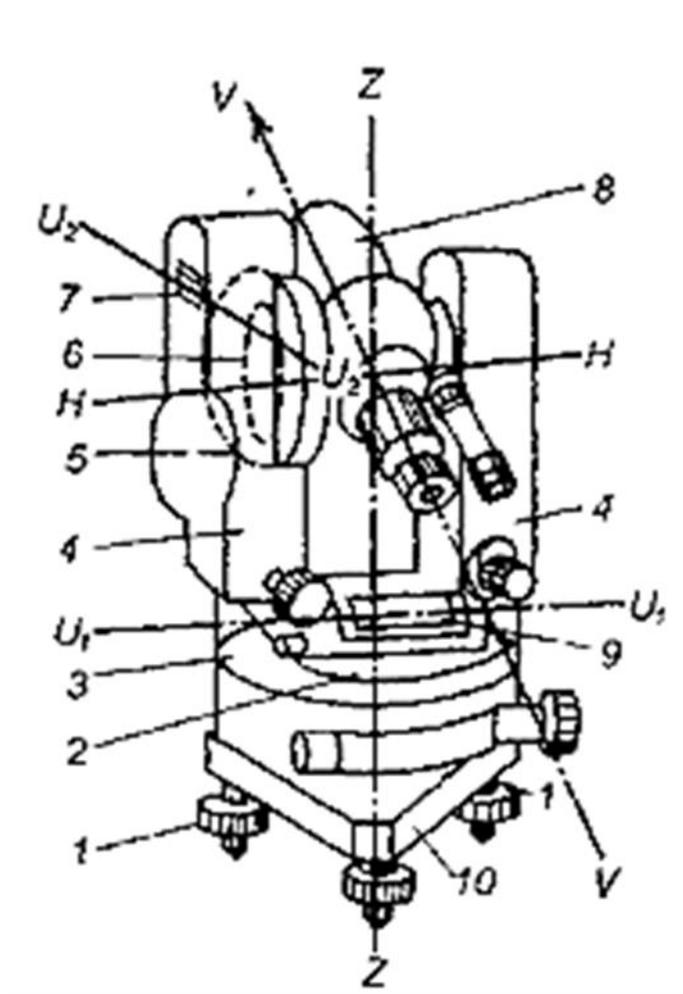


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема теодолита

Проверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ($U_1U_1 \perp ZZ$).

Выполнение этого условия позволяет с помощью уровня устанавливать ось вращения теодолита в отвесное положение, а плоскость лимба — в горизонтальное положение.

Порядок действий:

1 Закрепляют теодолит на штативе и производят приближенное горизонтирование прибора по уровню.

2 Устанавливают проверяемый уровень по направлению двух подъемных винтов и вращением их в разные стороны выводят пузырек уровня в нуль-пункт (рисунок 3.2, а).

3 Поворачивают алидаду на 180° . Если после поворота пузырек уровня остается в нуль-пункте, то условие перпендикулярности осей UU и ZZ выполняется.

4 В случае смещения пузырька производят исправление положения

уровня. Для этого с помощью юстировочного винта уровня перемещают пузырек по направлению к нуль-пункту на половину дуги отклонения (см. рисунок 3.2, б).

После юстировки уровня следует повторить поверку и убедиться в выполнении требуемого условия. Практически условие считается выполненным, если после поворота на 180° пузырек уровня отклоняется от нуль-пункта в пределах одного деления шкалы ампулы.

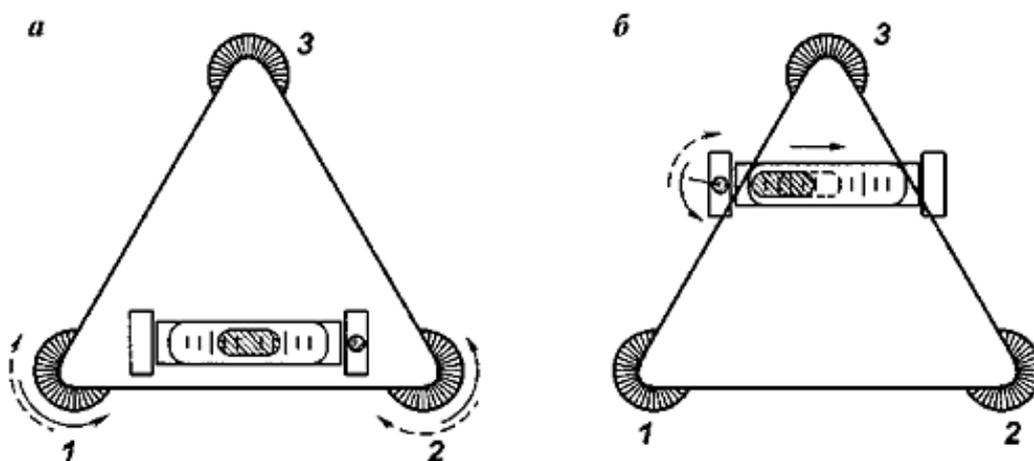


Рисунок 3.2 - Схема к поверке цилиндрического уровня

Поверка положения коллимационной плоскости

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси (оси вращения трубы) теодолита (VV 1 НН).

Если указанное условие выполняется, то при вращении зрительной трубы вокруг горизонтальной оси НН визирная ось образует коллимационную плоскость. При невыполнении условия визирная ось будет описывать не плоскость, а две конические поверхности. Угол ϵ между фактическим положением визирной оси VIV1 и плоскостью, перпендикулярной к горизонтальной оси теодолита НН (рис. 3.3) называется **коллимационной погрешностью**.

Проекция на горизонтальную
плоскость

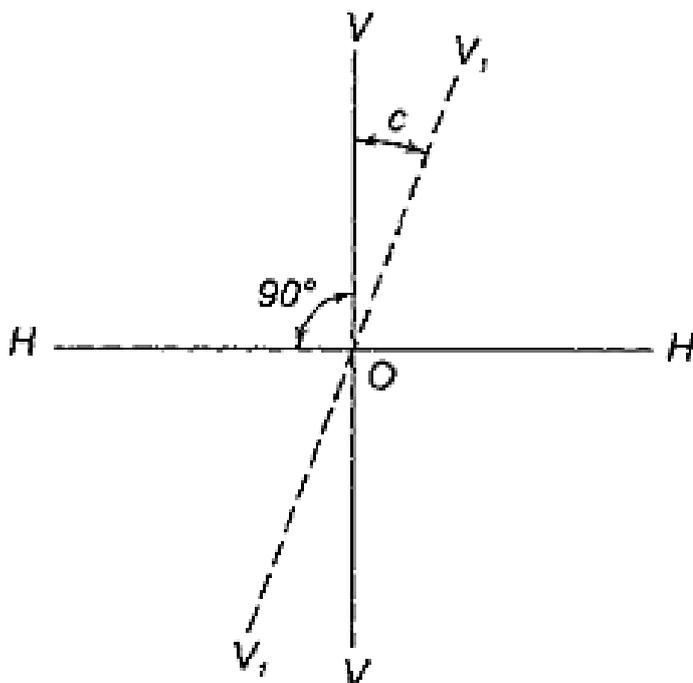


Рисунок 3.3 - Схема к понятию коллимационной погрешности

Порядок действий:

1 Теодолит устанавливают в рабочее положение; на местности выбирают ясно видимый удаленный (на несколько сотен метров) предмет, расположенный примерно на горизонте прибора. Визируют на цель при первом положении вертикального круга (КЛ) и берут отсчет по горизонтальному кругу M_1 .

2 Переводят трубу через зенит и, вращая алидаду, визируют на цель при втором положении вертикального круга (КП) и берут отсчет по горизонтальному кругу M_2 .

3 Вычисляют коллимационную погрешность:

$$c = \frac{M_2 - (M_1 + 180^0)}{2} \quad (3.1)$$

Проверяемое условие считается выполненным, если коллимационная погрешность не превышает двойной точности отсчетного устройства ($c \geq 2t$). В противном случае ($c > 2t$) производят исправление положения визирной оси.

4 Вычисляют правильный отсчет M , свободный от влияния коллимационной погрешности:

$$M = \frac{M_1 + M_2 + 180^0}{2} \quad \text{или} \quad M = M_2 - c. \quad (3.2)$$

5. Вычисленный отсчет M наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают на лимбе. При этом алидада повернется на угол c , а перекрестие сетки нитей отклонится от изображения наблюдаемой цели. Тогда, ослабив вертикальные винты оправы сетки нитей, с помощью боковых юстировочных винтов перемещают сетку нитей до совмещения ее перекрестия с визирной целью. После этого сетку закрепляют вертикальными винтами и вновь повторяют поверку.

Следует помнить, что **среднее из отсчетов по горизонтальному кругу, взятых при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП), свободно от влияния коллимационной погрешности.**

Поверка положения горизонтальной оси теодолита

Горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита (НН \perp ZZ). Выполнение условия необходимо для того, чтобы после горизонтирования теодолита коллимационная плоскость занимала отвесное положение.

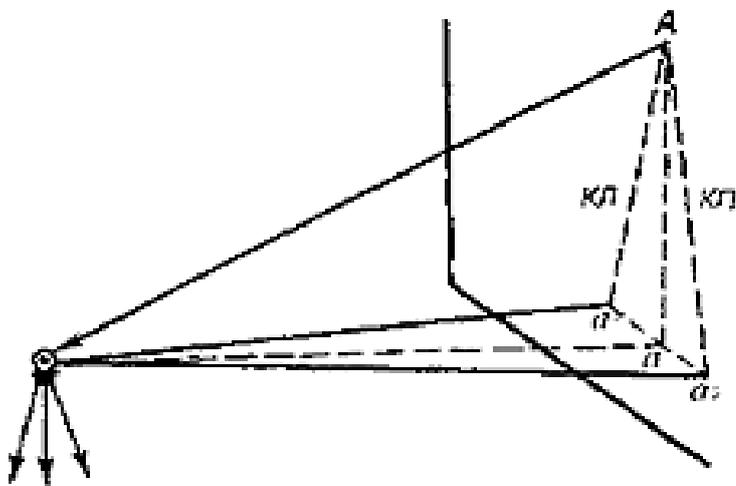


Рисунок 3.4 - Схема к поверке положения горизонтальной оси теодолита

Порядок действий:

1 Теодолит устанавливают в 10 — 20 м от стены здания. Зрительную трубу наводят на высоко расположенную точку А на стене здания (рис. 3.4).

2 Наклоняя трубу, проектируют эту точку до горизонтального положения визирной оси и отмечают на прикрепленном к стене листе бумаги проекцию точки a_1

3 Переводят трубу через зенит и, повторив ту же операцию при втором

положении трубы, отмечают проекцию точки a_2 .

4 Если отношение отрезков $\frac{a_1 a_2}{A_a} \leq \frac{1}{600}$, то условие считается выполненным. В случае несоблюдения условия исправление положения горизонтальной оси теодолита допускается только в оптико-механической мастерской, так как оно требует частичной разборки прибора.

Следует учесть, что **среднее из отсчетов по лимбу, взятых при визировании на точку при двух положениях трубы (КЛ и КП), свободно от влияния наклона оси вращения трубы.**

Проверка сетки нитей

Вертикальный штрих сетки нитей должен располагаться в коллимационной плоскости трубы.

Иначе, горизонтальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярным к оси вращения теодолита ZZ .

Выполнение данного условия требуется для создания удобств при визировании на отвесные предметы (например, вехи).

Порядок действий:

1 Тщательно установив ось вращения теодолита в отвесное положение, визируют на нить отвеса, подвешенного на расстоянии 5—10 м от прибора.

2 Если вертикальный штрих сетки отклоняется от отвесной линии более чем на $1/3$ величины биссектора сетки нитей, то необходимо исправить положение сетки нитей путем ее поворота. Для этого слегка ослабляют винты, скрепляющие окулярную часть с корпусом трубы, и поворачивают окулярную часть вместе с сеткой нитей до требуемого положения; затем винты закрепляют.

3 После юстировки второй основной штрих сетки должен быть горизонтальным, так как взаимная перпендикулярность штрихов гарантируется заводом-изготовителем. Чтобы убедиться в этом, наводят горизонтальный штрих на хорошо видимую точку и наводящим винтом поворачивают алидаду горизонтального круга; при этом проверяемый штрих должен оставаться на изображении точки.

После производства данной проверки и юстировки необходимо повторить проверку положения коллимационной плоскости.

Порядок выполнения работы

1 Наименование выполняемой проверки.

2 Формулировка проверяемого геометрического условия и чем вызвана

необходимость его выполнения.

3 Последовательность действий при выполнении поверки с конкретными результатами измерений, допуски, позволяющие считать поверяемое условие выполненным.

4 Порядок юстировки прибора.

5 Отчет по работе с кратким описанием выполнения поверок и юстировок в рекомендуемой последовательности со схемами и результатами измерений.

6 Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1 Какие действия называются поверками и юстировками теодолита?

2 Изложите порядок поверки цилиндрического уровня.

3 Что такое коллимационная плоскость и коллимационная погрешность в измерениях горизонтальных углов?

4 Изложите порядок поверки положения коллимационной плоскости.

5 Что такое горизонтальная ось теодолита и как выполняется поверка ее положения?

6 Что такое место нуля вертикального круга и как выполняется его поверка?

Литература: [2, с. 52-80]

Практическая работа № 4

Изучение устройства нивелира и его основных частей

Цель работы

Изучить устройство нивелиров.

Общие сведения

Нивелиры и их классификация

Нивелир – геодезический прибор для определения превышений между точками местности с помощью горизонтального визирного луча.

Нивелиры различаются по двум основным признакам: по точности и по способу приведения визирной оси в горизонтальное положение.

По точности нивелиры делятся на три типа:

- высокоточные Н-05 для нивелирования I и II классов;
- точные Н-3 для нивелирования III и IV классов;
- технические Н-10 для обоснования топографических съемок, определения высот точек при инженерно-геодезических изысканиях и строительстве.

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение различают два типа нивелиров:

- нивелиры с уровнем при зрительной трубе (Н-05, Н-3, Н-10);
- нивелиры с компенсаторами (Н-05К, Н-3К, Н-10К).

Цифры в шифре каждого типа нивелира означают среднюю квадратическую погрешность определения превышения (в мм) на 1 км двойного хода.

У нивелиров первого типа зрительная труба и цилиндрический уровень скреплены вместе и могут наклоняться на небольшой угол относительно подставки прибора с помощью элевационного винта. Главное условие, предъявляемое к нивелирам этого типа, — **взаимная параллельность визирной оси W и оси цилиндрического уровня UU** (рисунок 4.1).

При соблюдении этого условия визирная ось зрительной трубы 1 займет горизонтальное положение после установки пузырька цилиндрического уровня 2 в нуль-пункт.

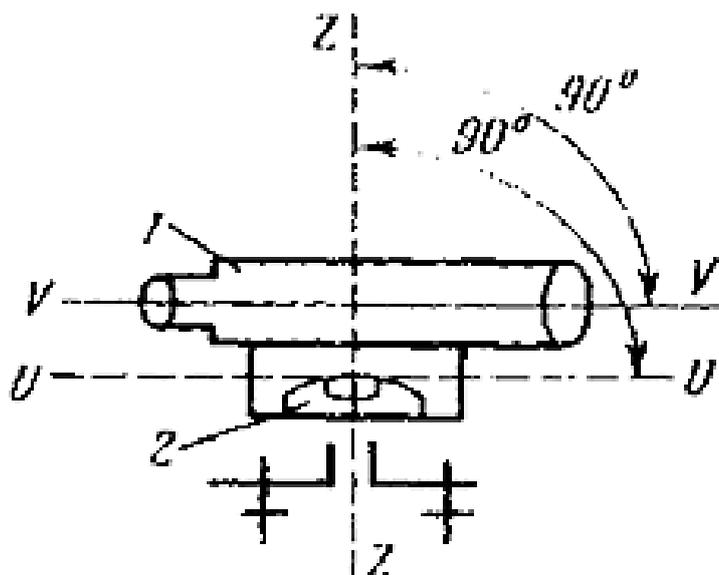


Рисунок 4.1 - Принципиальная схема нивелира с уровнем при зрительной трубе

У нивелиров с компенсаторами приближенная установка оси вращения прибора производится по круглому уровню; после этого в работу включается компенсатор, который автоматически приводит визирную ось в горизонтальное положение. Главное условие, предъявляемое к нивелирам этого типа, — горизонтальность визирной оси в пределах углов стабилизации компенсатора ($\pm 8 - 25'$).

Точные и технические нивелиры могут изготавливаться также с лимбами для измерения горизонтальных углов; при этом в шифре нивелира добавляется буква «Л» (например, Н-3Л, Н-10КЛ).

В геодезической практике наибольшее распространение получили точные нивелиры Н-3, Н-3К и технические Н-10Л, Н-10КЛ. Новые модификации этих нивелиров 2Н-3Л и 2Н-10КЛ по точности, эксплуатационным качествам и функциональным возможностям превосходят базовые модели Н-3 и Н-10КЛ.

Устройство нивелиров с уровнем при зрительной трубе

Точный нивелир Н-3 (рис. 4.2) состоит из двух основных частей: верхней, подвижной и нижней, представляющей собой подставку 3 с тремя подъемными винтами 2 и пружинящей пластиной 1. Через втулку пластины проходит становой винт, с помощью которого нивелир закрепляется на штативе.

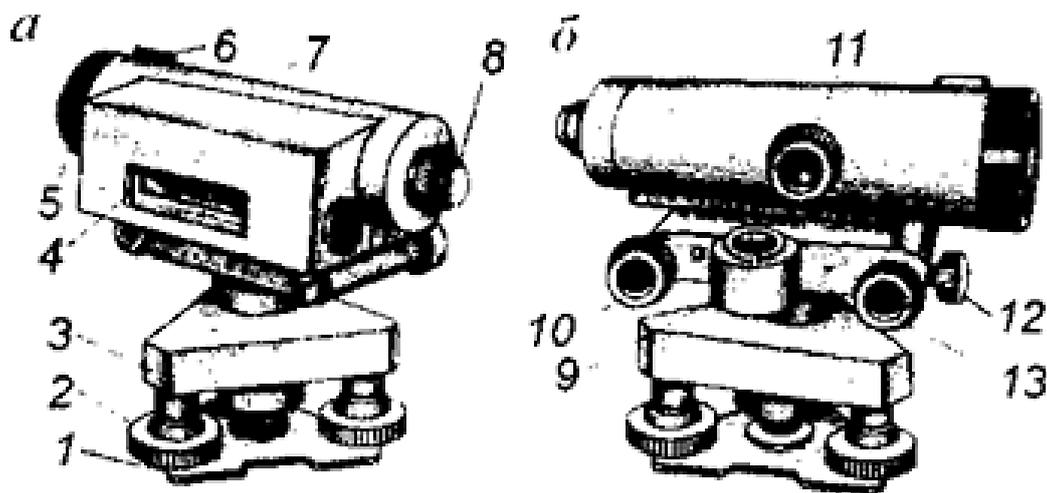


Рисунок 4.2 - Нивелир Н-3: а — вид слева; б — вид справа

Верхняя часть нивелира состоит из зрительной трубы 7, с которой жестко связан контактный цилиндрический уровень 4 с ценой деления 15", и призмного устройства, передающего изображение концов пузырька уровня в поле зрения трубы; это позволяет одновременно наблюдать за рейкой и уровнем. Зрительная труба с внутренним фокусированием состоит из объектива 5 и окуляра 8, имеет увеличение $30,5^x$, фокусирование трубы осуществляется кремальерой 11.

Для юстировки цилиндрического уровня в корпусе со стороны окуляра имеются четыре котировочных винта, закрытых крышкой. Для грубого наведения прибора на рейку на корпусе зрительной трубы имеется мушка 6; точное наведение осуществляется наводящим винтом 13 при зажатом положении закрепительного винта 12.

Предварительная установка нивелира в рабочее положение производится по круглому уровню 9 путем вращения подъемных винтов. Точное приведение визирной оси трубы в горизонтальное положение выполняют с помощью элевационного винта 10, совмещая изображения концов пузырька уровня.

Нивелир 2Н-3Л отличается от Н-3 наличием наводящего винта бесконечной наводки, лимба для измерения горизонтальных углов, зрительной трубы прямого изображения и рядом других технических новшеств.

Технический нивелир 2Н-10Л (рис.4.3) является улучшенной модификацией нивелира Н-10Л (НТ). Основанием нивелира служит подставка 1 с тремя подъемными винтами (вместо шаровой пяты нивелира Н-10Л). Верхняя вращающаяся часть прибора состоит из зрительной трубы 5 с внутренним фокусированием, цилиндрического уровня 4, горизонтального круга с верньером 2, защищенных кожухом 11, и призмного устройства, передающего изображение концов пузырька цилиндрического уровня в поле

зрения трубы. Для приближенного приведения оси вращения нивелира в отвесное положение служит круглый уровень 9.

Наведение трубы на рейку выполняется поворотом верхней части нивелира от руки путем преодоления фрикционного трения осевой пары. Установка зрительной трубы по глазу осуществляется вращением оправы окуляра 8, а по предмету — вращением кремальеры 6. Зрительная труба и цилиндрический уровень снабжены соответствующими юстировочными винтами, расположенными под крышками 3 и 7.

Цена деления лимба горизонтального круга 1 точность отсчитывания по кругу $0,1^\circ$.

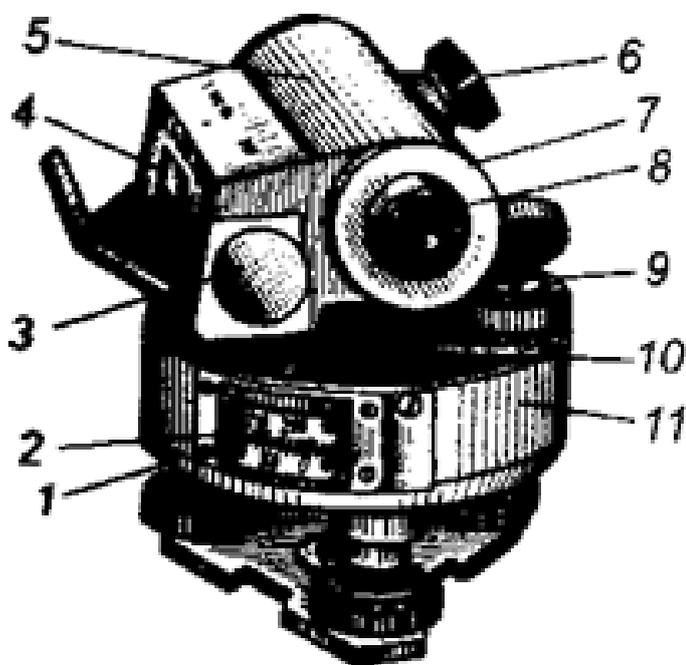


Рисунок 4.3 - Нивелир 2Н-10Л

Порядок выполнения работы

- 1 Общий осмотр прибора и изучение правил обращения с ним.
- 2 Зарисовать принципиальную схему нивелира, на которой следует показать цветной тушью основные оси нивелира и дать их определения.
- 3 Нивелир Н-3, на рисунке (или его ксерокопии) выносками показать

основные детали прибора.

4 Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначен нивелир?
- 2 По каким основным признакам различают типы нивелиров?
- 3 Сформулируйте главные геометрические условия, предъявляемые к нивелирам различных типов.
- 4 Назовите основные части нивелира (с цилиндрическим уровнем).

Литература: [1, с. 111-140]

Содержание

Наименование разделом и тем	Название практических работ	Стр.
Раздел 1 Изучение планов и карт Тема 1.2 Ориентирование линий на местности	Решение задач на ориентирование линии	4
Раздел 2 Горизонтальные съёмки Тема 2.2 Горизонтальная теодолитная съёмка	Устройство теодолита и его основных узлов Поверки и юстировки теодолита Измерение теодолитом горизонтальных и вертикальных углов	9 22
Раздел 3 Вертикальные топографические съёмки Тема 3.1 Нивелирование	Изучение устройства нивелира и его основных частей. Принцип работы.	29

Литература

Основные источники:

1 Основы геодезии: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев.- 10-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия»,2019;

2 Практикум по геодезии: Учебное пособие для вузов / Под ред. Г.Г.Поклада. – 2-е изд. – М.: Академический проект, 2018.

3 Маркшейдерские и геодезические приборы: учебное пособие для СПО / В.А. Голованов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021.

Дополнительные источники:

1 Геодезия: учебник для студ. высш. проф. образования / Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. – 11-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2018;

2 Тесты и задачи по курсу инженерной геодезии: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019.