

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное автономное государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Центр классического образования

Институт естественных наук

Кафедра астрономии и геодезии

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГЕОДЕЗИИ

Методические указания к лабораторному практикуму
для студентов-бакалавров 1-го курса
направления 120100 «Геодезия и дистанционное зондирование»,
профиль «Космическая геодезия и навигация»;
направления 230400 «Информационные системы и технологии»,
профиль «Геоинформационные системы»

Екатеринбург 2011

Методические указания подготовлены
кафедрой астрономии и геодезии

Составители: Г. П. Хремли, Н. А. Казаченко
Научный редактор: к. ф-м. н., доцент Т.И.Левитская

© Уральский федеральный университет, 2011
© Хремли Г. П., Казаченко Н. А., составление, 2011

Аннотация

на методические указания к лабораторному практикуму по геодезии для студентов-бакалавров 1-го курса

направления 120100 «Геодезия и дистанционное зондирование», профиль
«Космическая геодезия и навигация»;

направления 230400 «Информационные системы и технологии», профиль
«Геоинформационные системы»

Методические указания к лабораторному практикуму по геодезии представлены в форме электронных ресурсов для реализации на современном научно-техническом уровне программы лабораторного практикума. Применение этого электронного комплекса в учебном процессе должно помочь студентам геодезических специальностей выполнять задания лабораторного практикума по геодезии внимательно и заинтересованно, обращая внимание на исследование причин, приводящих к появлению тех или иных погрешностей геодезических приборов. Особое внимание обращено на изучение принципиальных схем и основных положений теории геодезических приборов, изучению таких погрешностей теодолита, как эксцентриситет и коллимация.

Основная цель лабораторного практикума по геодезии – научить студентов работать на геодезических инструментах, применять методы математического анализа, теоретического и экспериментального исследования, вырабатывать способность к тестированию, поверкам и юстировкам геодезических приборов и инструментов. Выполнение студентами заданий данного лабораторного практикума по геодезии, знакомство с современным геодезическим оборудованием и подготовка студентов к полевым и камеральным геодезическим работам во время геодезической практики является основной задачей данного лабораторного практикума.

Методические указания к лабораторному практикуму по геодезии содержат пять тем и введение.

Во введении рассказано о предмете и задачах лабораторного практикума по геодезии. Рассмотрены особенности геодезических инструментов. Приведена классификация инструментов, рассмотрены основные требования к конструкции геодезических приборов, применяемых в нашей стране. Показаны отдельные геодезические инструменты. Даны краткие сведения о развитии конструкций геодезических инструментов. Приведена историческая справка о работах русских и советских ученых в области геодезического инструментостроения. Особое внимание уделено принципиальным схемам и развитию основных положений теории геодезических приборов.

Первая тема посвящена изучению технических теодолитов. На примере теодолита ТТ5 рассмотрены основные части и основные технические характеристики теодолита: увеличение зрительной трубы, поле зрения, диаметры лимбов горизонтального и вертикального кругов, цена деления лимбов, цена деления отсчетных приспособлений (верньеров), цена деления уровня. Рассмотрены виды уровней, ошибки уровня, определение цены деления. Показаны инструментальные погрешности, связанные с отдельными частями инструментов. Подробно рассмотрен эксцентриситет теодолита и его влияние на отчеты и точность измерений.

Вторая тема посвящена изучению оптического теодолита ТЗ0 определению его погрешностей. Подробно рассмотрена коллимационная погрешность. Рассмотрена теория осевых систем. Центрировка. Приспособления центрировки лимбов теодолитов. Рассмотрена деформация осевых систем и общие требования к изготовлению осевых систем. Особое внимание уделено теории вертикального круга и определению МО (место нуля).

Третья тема посвящена изучению устройства нивелира и определению его погрешностей, влияющих на точность нивелирования. Показаны отсчетные приспособления нивелиров. Рассмотрена теория горизонтальных осей. Особое внимание уделено главному условию нивелира. На примере технического нивелира НЗ показаны основные погрешности

нивелиров и работа с нивелиром и нивелирной рейкой.

В четвертой теме рассмотрены высокоточные оптические приборы. Устройство, снятие отсчетов с горизонтального и вертикального кругов. Способ совмещенного отсчета, отсчитывание по микрометру при наведении на штрих биссектора нитей.

Пятая тема посвящена знакомству с современным геодезическим оборудованием: с электронным теодолитом EOBX TE-2, электронным тахеометром Nikon NIVO 5M Single Face, электронным тахеометром Nikon NIVO 2M, нивелиром SAL20ND, AL32ND, дальномером Disto D5, Disto D3a.

Задания по темам (1-3) лабораторного практикума по геодезии студенты выполняют на технических теодолитах (теодолитах типа ТТ5) и технических нивелирах НЗ, предварительно изучив их устройство, основные параметры и технические требования. Выполняя основные поверки этих приборов и проводя измерения, они знакомятся с особенностями конструкции геодезических приборов и с основными погрешностями инструментов, которые сказываются на результатах измерений.

Особое внимание студенты должны уделить коллимационной погрешности и эксцентриситету. Для понимания причины возникновения этих погрешностей необходимо изучать теорию конструкции геодезических инструментов (например, теорию горизонтального и вертикально кругов) и применять особые методы измерений. Так, для исключения ошибки эксцентриситета алидады необходимо взятие двух отсчетов по диаметрально противоположным отсчетным приспособлениям. Результаты измерений и вычисленные значения погрешностей записываются в ведомость вычисления горизонтальных и вертикальных углов с объяснением причин возникновения этих погрешностей.

Электронные методические указания к лабораторному практикуму по геодезии содержат таблицы, схемы и рисунки, помогающие освоению материала и выполнению заданий лабораторного практикума. Для закрепления знаний и приобретения дополнительных сведений для качественного выполнения лабораторных работ предусматривается самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендованной учебно-методической литературе.

Знания, полученные студентами при выполнении заданий лабораторного практикума по геодезии, используются в курсах «Геодезия» и «Геодезическое инструментоведение», а также в практической деятельности, связанной с производством геодезических измерений и решением различных геодезических задач.

Лабораторный практикум по геодезии проводится в 1 семестре. Объем дисциплины 36 час. (20 час. – лабораторные занятия, 16 час. – самостоятельная работа студентов). Отчетность – зачет в 1 семестре.

Содержание

Введение

1 Устройство теодолитов

1.1 Изучение устройства теодолитов: вертикальная ось теодолита, горизонтальная ось теодолита, горизонтальный круг, вертикальный круг, зрительная труба, объектив зрительной трубы, окуляр зрительной трубы, подставка теодолита, уровень при алидаде горизонтального круга, уровень при вертикальном круге, подъемные винты, закрепительные винты, юстировочные винты, наводящий винт зрительной трубы, сетка нитей зрительной трубы. Изучение основных технических характеристик теодолита: увеличение зрительной трубы, поле зрения, диаметры лимбов горизонтального и вертикального кругов, цена деления лимбов, цена деления отсчетных приспособлений, цена деления уровня, средняя квадратическая погрешность измерения угла, масса прибора).

1.2. «Снятие отсчетов с горизонтального и вертикального кругов теодолита».

1.2.1. Занятие 2 «Отсчетные приспособления: штриховые и шкаловые микроскопы, верньер. Определение цены деления лимба. Определение цены деления верньера. Снятие отсчетов с горизонтального и вертикального кругов при помощи отсчетных приспособлений, разнесенных относительно друг друга на 180 градусов» (текст с картинками и анимацией).

1.2.2. Практика (Изучение отсчетных приспособлений: штрихового и шкаловых микроскопов, верньера. Определение цены деления лимба. Определение цены деления верньера. Снятие отсчетов с горизонтального и вертикального кругов).

1.3 Подготовка теодолита к измерению углов

1.3.1. Занятие 3 «Подготовка теодолита к измерению углов»(

1.3.2. Практика (Центрирование теодолита, приведение вертикальной оси теодолита в отвесное положение с помощью уровня при алидаде горизонтального круга и подъемных винтов, подготовка зрительной трубы для наблюдений, включая установку зрительной трубы по глазу, установку зрительной трубы по предмету, устранение параллакса сетки нитей).

1.4. «Поверки и юстировки теодолитов».

1.4.1. Занятие 4. «Поверки и юстировки теодолитов» (текст с картинками и анимацией).

1.4.2. Практика (Изучение поверок и юстировок теодолита: внешний осмотр прибора, проверка взаимодействия узлов прибора, поверка и юстировка уровня при алидаде горизонтального круга, определение и устранение наклона сетки нитей, определение наклона горизонтальной оси. Эксцентриситет лимба, эксцентриситет алидады. Вычисление коллимационной погрешности и места нуля вертикального круга. Допуски).

1.5. «Измерение горизонтальных и вертикальных углов».

1.5.1. Занятие 5. «Измерение горизонтальных и вертикальных углов

1.5.2. Практика (Наведение зрительной трубы на цели при положении теодолита «круг слева» и «круг справа». Запись показаний с двух отсчетных приспособлений. Осреднение результатов. Получение отсчетов, свободных от коллимации и ошибки эксцентриситета. Вычисление горизонтальных и вертикальных углов. Анализ результатов измерений).

2. Оптические теодолиты.

2.1. «Знакомство с оптическими теодолитами».

2.1.1. Занятие 1. «Знакомство с оптическими теодолитами 2Т30 и 4Т30П» 2.1.2. Практика (Установка теодолита: центрирование, горизонтирование. Снятие отсчетов с горизонтального и вертикального кругов).

3. Нивелиры.

3.1. «Знакомство с нивелиром НЗ».

3.1.1. Занятие 1 «Изучение устройства нивелира НЗ и его технических характеристик. Работа с нивелиром».

3.1.2. Практика «Работа с нивелиром НЗ и нивелирной рейкой. Снятие отсчетов по черной и красной сторонам нивелирной рейки).

4. Высокоточные оптические теодолиты.

4.1. Оптические теодолиты 3Т2КП, 2Т2.

4.1.1. Занятие 1 «Знакомство с устройством оптических теодолитов 3Т2КП, 2Т2» (текст с картинками и анимацией).

4.1.2. Практика (Изучение оптического теодолита 2Т2. Снятие отсчетов с горизонтального и вертикального кругов).

5. Современное геодезическое оборудование.

5.1. «Знакомство с современным геодезическим оборудованием»

5.1.1. Занятие 1 «Знакомство с электронным теодолитом, электронным тахеометром, нивелиром с магнитным компенсатором, с цифровым нивелиром, дальномером»

5.1.2. Практика (Знакомство с работой современного геодезического оборудования: электронного теодолита EOBOX TE-2, электронного тахеометра Nikon NIVO 5M Single Face, электронного тахеометра Nikon NIVO 2M, нивелиров SAL20ND, AL32ND, дальномеров Disto D5, Disto D3a).

Введение

Предмет лабораторного практикума по геодезии

Геодезическое инструментоведение неразрывно связано с практической деятельностью всех топографо-геодезических работ, связанной с производством геодезических измерений и решением геодезических задач различного назначения. Его связь с геодезией, инженерной геодезией, картографией, математикой, фотограмметрией, инженерной графикой и топографическим черчением предполагает использование теоретических знаний данных дисциплин как основу при выполнении лабораторных работ по геодезическому инструментоведению.

В результате выполнения лабораторного практикума студенты должны знать: основные направления и перспективы развития геодезического приборостроения; назначение геодезических инструментов; основные требования к современному геодезическому оборудованию; виды геодезических съемок, включая теодолитную и тахеометрическую съемки; нивелирование, основные способы и точность измерений; геодезические системы координат и высот; современное геодезическое оборудование; производство поверок, методики юстировок, способы измерения расстояний; способы измерения горизонтальных и вертикальных углов; определение превышений; методы и технологии математической обработки результатов геодезических измерений и методы инженерно-геодезических работ при использовании современного геодезического оборудования. Студенты должны также уметь: выполнять полевые топографо-геодезические работы; анализировать топографо-геодезическую информацию; реализовывать на практике способы измерений и методики их обработки при построении опорных геодезических сетей; оценивать точность результатов геодезических измерений.

Студенты должны владеть: методами проведения топографо-геодезических изысканий и навыками использования современных приборов, оборудования и технологий; методикой оформления графических, проектных материалов с использованием современных компьютерных технологий; навыками работы со специализированными программными продуктами в области геодезии; навыками работы с топографо-геодезическими приборами.

Цели и задачи лабораторного практикума по геодезическому инструментоведению: выработать у студентов геодезических специальностей способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения, владению культурой мышления; способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; готовность осуществлять контроль полученных геодезических, спутниковых и фотограмметрических измерений, а также материалов дистанционного зондирования; способность к тестированию, поверкам и юстировке, эксплуатации геодезических и фотограмметрических систем, приборов и инструментов, аэросъемочного оборудования; способность к полевым и камеральным геодезическим работам по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей и сетей специального назначения.

На лабораторных занятиях по геодезическому инструментоведению мы будем рассматривать важнейшие характеристики и основные требования, предъявляемые к геодезическим приборам, теорию и устройство отдельных частей геодезических приборов и оборудования, принципиальные оптические схемы и методы исследования таких геодезических приборов, как теодолиты, нивелиры, тахеометры и дальнометры. Будем выполнять поверки основных типов геодезических приборов, юстировки, а также изучать методы их исследования.

Рассмотрим основные правила эксплуатации, транспортировки и хранения геодезических приборов, вопросы безопасного ведения работ и технического обслуживания приборов и оборудования.

Особое внимание будем уделять современному геодезическому оборудованию, а именно оптическим и электронным теодолитам, цифровым нивелирам, электронным тахеометрам, GPS-приемникам и лазерным дальномерам как отечественного, так и зарубежного производства:

оптическим теодолитам ТЗ0, 2ТЗ0, 4ТЗ0.

электронным тахеометрам

цифровым нивелирам

цифровым дальномерам Disto D5, Disto D3a.

GPS-приемникам

Использование современного геодезического оборудования и ГИС-технологий, отвечающих требованиям отечественной геодезической практики, является основой современных методов создания топографических карт и ведения городского и земельного кадастра. При выполнении лабораторного практикума необходимо уделять особое внимание изучению устройства, технических характеристик и возможностей используемой геодезической техники, проведению поверок современных геодезических приборов, освоению способов геодезических измерений и умению правильно применять теоретические знания на практике при производстве топографо-геодезических работ.

Студенты геодезических специальностей должны овладеть не только традиционными методами работ с геодезическими приборами (ориентирование и измерение длин линий мерными лентами, измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитами, измерение превышений между точками местности нивелирами, выполнение топографических съемок и т.д.). Они должны получить навыки выполнения различных видов геодезических работ, методов электронной тахеометрии, спутниковых методов позиционирования, светодальномерных способов измерений расстояний, методов автоматизированной обработки результатов полевых измерений с использованием геоинформационных систем.

При выполнении заданий лабораторного практикума студентам понадобятся знания по геодезии, картографии, топологии и топографическому черчению. Поэтому в методических указаниях к лабораторному практикуму по геодезическому инструментоведению приведены различные сведения о топографических картах и планах и рассмотрены различные задачи, решаемые по топографической карте.

инструментоведению студентам будет предложено обратить особое внимание современному геодезическому оборудованию, а именно оптическим и электронным теодолитам, цифровым нивелирам, электронным тахеометрам, GPS-приемникам и лазерным дальномерам как отечественного, так и зарубежного производства:

Изучение возможностей и основных характеристик **современного геодезического оборудования**, выполнение поверок и юстировок и конкретных заданий лабораторного практикума позволит студентам в дальнейшем выполнять инженерно-геодезические и фотограмметрические работы при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных объектов, а также создавать и обновлять топографические и тематические карты с использованием современных ГИС-технологий.

Тема 1 Универсальный инструмент



- Универсальный инструмент У-5"

Универсальный инструмент, универсал в астрономии и геодезии, переносный угломерный инструмент, служащий для измерения углов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. С помощью У. и. по наблюдениям звёзд и Солнца определяют географические координаты места, поправки часов, производят азимутальные определения с максимальной точностью порядка $\approx 0,20''$ У. и. также можно использовать для решения многих практических задач геодезии. У. и. отличается от теодолита большей точностью измерения углов, особенно вертикальных. С нижней частью инструмента (см. *рис.*), укрепленной на трехлучевом основании с тремя винтами, служащими для нивелирования, скреплен неподвижно горизонтальный разделённый круг (1), предназначенный для измерения горизонтальных углов. Верхняя часть инструмента вращается вокруг вертикальной оси и несёт алидаду (2) горизонтального круга с отсчётными приспособлениями, а также вилку (3) с лагерами, в которых своими цапфами лежит горизонтальная ось инструмента. На этой оси, перпендикулярно к ней, укреплена астрономическая труба (4), служащая для визирования. В случае ломаной конструкции трубы (как на рис.) линия визирования с помощью призмы направляется вдоль полой горизонтальной оси, на одном конце которой находится окуляр (5) с сеткой нитей, а на другом – осветитель для освещения поля зрения при ночных наблюдениях. У. и. имеет приспособления для "тонких", микрометрических поворотов трубы вокруг обеих осей, что необходимо при наведении её на наблюдаемый объект. На горизонтальную ось надет вертикальный разделённый круг (6), алидада которого снабжена уровнем, служащим при измерении зенитных расстояний или высот, для учёта изменения наклона алидады вследствие недостаточно точной установки вертикальной оси У. и. и изменения её положения в процессе наблюдения. Уровень при алидаде служит также для нивелировки У. и. (установки вертикальной оси инструмента по отвесной линии). Наклон горизонтальной оси определяется с помощью специального накладного уровня (7). Круги, применяемые в У. и., делятся на части, содержащие 30', 20', 10' или 5'; в некоторых случаях цена наименьшего деления составляет 2'. Отсчёты кругов производятся с помощью микроскоп-микрометров, шкаловых микроскопов или верньеров. Точность отсчётов бывает от 30'' до долей секунды дуги. Для контроля за устойчивостью по азимуту точные У. и. снабжаются поверительной трубой (8) с микрометром, скрепляемой с нижней частью и наводимой при азимутальных и триангуляционных измерениях на удалённую неподвижную марку (миру).

Для определения широты и поправок часов без точных отсчётов кругов по способам равных высот (см. Практическая астрономия) У. и. снабжаются т. н. талькоттовскими уровнями, скрепляемыми непосредственно с трубой; с помощью этих уровней контролируют изменение наклона визирной линии к горизонту при наблюдениях.

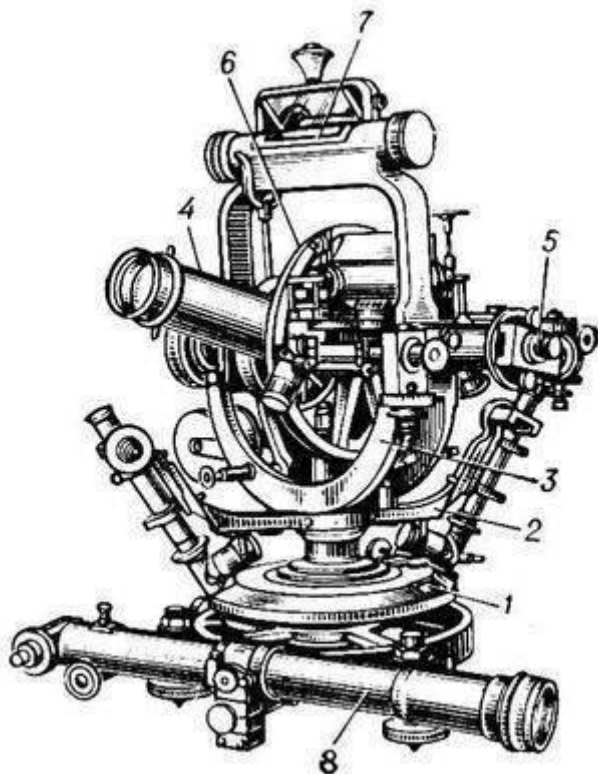
Универсальный инструмент

Универсальный инструмент, универсал в астрономии и геодезии, переносный угломерный инструмент, служащий для измерения углов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Универсальный инструмент - переносной угломерный инструмент для решения задач практической астрономии и геодезии. Универсальный инструмент позволяет измерять координаты (высоты и азимуты) небесных светил и земных ориентиров.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ инструмент - переносный угломерный инструмент для решения многих задач практической астрономии и геодезии, в частности для измерения координат (высот и азимутов) небесных светил и земных ориентиров.

Универсальный инструмент переносный угломерный инструмент для решения многих задач практической астрономии и геодезии, в частности для измерения координат (высот и азимутов) небесных светил и земных ориентиров.

Универсальный инструмент, переносный астрономич. прибор для опред. азимутов и высот; сост. из горизонт. и вертикал. кругов, заменяет теодолит, меридионад. круг и др.



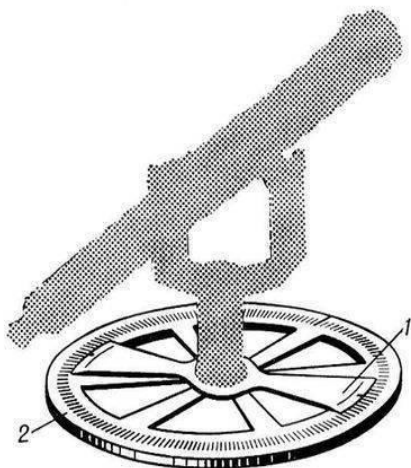
Алидада



Алидада (схема)

- Алидада (схема)

Алидада (позднелат. *alidada*, от араб. аль-идада — линейка), деталь астрономических и геодезических угломерных инструментов (см. рис.), вращающаяся вокруг оси, проходящей через центр лимба. С помощью двух верньеров или микроскопов, расположенных на противоположных концах А., производятся отсчёты угловых делений лимба.



Универсальный инструмент У-5»

Алидада (Схема)

Алидада

Алидада (позднелат. *alidada*, от араб. аль-идада — линейка), деталь астрономических и геодезических угломерных инструментов (см. рис.), вращающаяся вокруг оси, проходящей через центр лимба.

Яндекс.Словари»БСЭ, 1969-1978

Лимб

Лимб (от лат. *limbus* — кайма), плоское металлическое кольцо, разделённое штрихами на равные доли окружности (например, градусы, минуты или др.). Л. — наиболее важная часть угломерных инструментов (астрономических, геодезических, физических и др.), служащая для отсчётов величин углов. Деления на Л. отсчитываются с помощью верньеров или микроскопов-микрометров (см. Микроскоп).

Лимб

Лимб (от лат. *limbus* — кайма), плоское металлическое кольцо, разделённое штрихами на равные доли окружности (например, градусы, минуты или др.). Л. — наиболее важная часть угломерных инструментов (астрономических, геодезических, физических и др.)...

Верньер



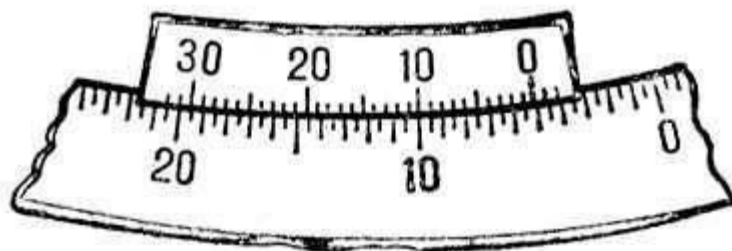
Верньер. Рис.

Верньер. Рис.

Верньер,

1) в приборостроении — приспособление для точного отсчёта длин или углов по делениям шкалы. Действие В. основано на способности глаза уверенно устанавливать совпадение 2 штрихов, когда один из них является продолжением другого и концы их совпадают. В. представляет собой подвижную шкалу, которая может скользить вдоль основной; деления на подвижной шкале несколько более мелкие, чем на основной. Если интервал между делениями основной шкалы a , а интервал между делениями на В. ($a — a/n$), то В. позволяет отсчитать основную шкалу с точностью, равной $1/n$ её деления. Деления В. оцифрованы в соответствующих долях деления основной шкалы. Если нулевой штрих В. (индекс) находится между двумя штрихами "с" и "с + 1" основной шкалы, то отсчёт равен "с" плюс то показание В., которое находится против штриха, наилучшим образом совпадающего с некоторым штрихом основной шкалы. На **рис.** цена деления основного круга $30'$, цена деления В. соответствует $1'$; отсчёт — $5^{\circ}10'$. В. был изобретён в 1631 директором Монетного двора во Франш-Конте (Франция) П. Вернье (P. Vernier, 1580—1637) и назван в его честь.

2) В радиотехнике — приспособление для точной настройки радиоприёмников и др. радиоаппаратуры.



Геодезические инструменты



[Мерная лента](#)

Рис. 1 Мерная лента



[Теодолит Рамсдена](#)

Рис. 2 Теодолит Рамсдена



[Глухой высокоточный нивелир Н1](#)

Рис. 3 Глухой высокоточный нивелир Н1



[Рейка Высоцкого](#)

Рис. 4 Рейка Высоцкого



[Кипрегель КШВ \(Ширяева — Вилема\)](#)

Рис. 5 Кипрегель КШВ (Ширяева — Вилема)

Геодезические инструменты, геодезические приборы, механические, оптико-механические, электрооптические и радиоэлектронные устройства для измерения длин линий, углов, превышений при построении астрономо-геодезической сети и нивелирной сети, съёмке планов, строительстве, монтаже и в процессе эксплуатации больших инженерных сооружений, антенных устройств радиотелескопов и т.п. К Г. и. относятся также инструменты для астрономических определений при геодезических работах и маркшейдерские инструменты.

Инструменты и приборы для измерения длин линии. Для обычных измерений длин линий применяют стальные мерные ленты (*рис. 1*) длиной в 20 или 50 м, которые укладывают по земле, отмечая их концы шпильками. Относительная ошибка измерения лентой зависит от условий местности и в среднем составляет 1:2000. Для более точных измерений применяют ленты из инвара, которые натягивают динамометрами. Таким путём можно снизить ошибку до

1:20000 — 1:50000. Для ещё более точных измерений, главным образом базисов в триангуляции, применяют базисные приборы с подвесными инварными мерными проволоками длиной в 24 м; относительная ошибка таких измерений имеет порядок 1:1000000, т. е. 1 мм на 1 км длины измеряемой линии.

В геодезических работах применяют также дальномеры, совмещенные со зрительной трубой или являющиеся насадками на зрительную трубу Г. и. Они позволяют искомую длину линии определять из решения треугольника, вершина которого совпадает с передним главным фокусом объектива зрительной трубы инструмента, а его высотой служит измеряемая линия, причём основание и противолежащий ему угол в этом треугольнике известны.

Существуют также электрооптические дальномеры и радиодальномеры, позволяющие измерять расстояние по времени прохождения вдоль измеряемой линии световых волн или радиоволн, скорость распространения которых известна.

Инструменты для определения направлений и измерения углов. Для простейшего определения направлений линий относительно меридиана служит буссоль, являющаяся или самостоятельным геодезическим инструментом, или принадлежностью других Г. и. Погрешность буссоли составляет 10—15'. Для более точного измерения направлений и углов в геодезии применяются разнообразные инструменты. Прообразом их явилась астролябия, изобретённая ещё до н. э. и состоявшая из круга с делениями, по которому углы отсчитывали с помощью вращающейся линейки с диоптрами, служившими для наведения на предмет. Во 2-й половине 16 в. начали появляться др. угломерные инструменты. Например пантометр (астролябия с вертикальным кругом, допускавшая измерение и горизонтальных и вертикальных углов). С 17 в. в угломерных инструментах стали применяться зрительные трубы (1608), микроскопы (1609), верньеры (1631), уровни (1660), сетки нитей (1670). Так сложился основной угломерный инструмент, получивший название теодолита. На **рис. 2** представлен большой теодолит Дж. Рамедсна (1783).

Теодолит устанавливают на штативе или столике геодезического знака, подъёмными винтами и по уровню приводят вертикальную ось в отвесное положение, поворотами трубы около вертикальной и горизонтальной осей наводят её на визируемую точку и производят отсчёты по кругам. Это даёт направление, а угол получают как разность двух смежных направлений. В современных теодолитах круги изготавливают из оптического стекла, диаметр делений 6—18 см, наиболее употребительный интервал между делениями 20' или 10', отсчётными устройствами служат шкаловые микроскопы с точностью отсчитывания 1'—6" или т. н. оптические микрометры с точностью отсчитывания до 0,2—0,3".

В 60-х гг. 20 в. для определения направления истинного (географического) меридиана стали применять т. н. гиротеодолиты и различные гироскопические насадки на теодолиты. Погрешность определения направлений гиротеодолитом составляет 5—10".

К осевым, закрепительным и наводящим устройствам угломерных инструментов предъявляют высокие требования. Например, в высокоточных теодолитах угловые колебания вертикальных осей не превышают 2", в пассажных инструментах допустимая неправильность формы их цапф, на которых вращается зрительная труба, составляет доли микрона. Закрепительные устройства не должны вызывать упругих деформаций в осевых системах и смещений закрепляемых частей инструмента в момент закрепления. Наводящие устройства должны осуществлять весьма тонкие перемещения частей инструмента, например повороты с точностью до долей секунды.

Зрительные трубы угломерных и др. Г. и. имеют увеличения в 15—65 раз. Наиболее распространены т. н. трубы с внутренней фокусировкой, снабженной телеобъективом, заднюю компоненту которого, называемую фокусирующей линзой, можно передвигать для получения отчётливого изображения различно удалённых предметов. Точность визирования трубой зависит как от её увеличения, диаметра отверстия объектива, качества даваемого ею изображения, так и от формы, размеров, освещённости и контрастности визируемой цели. С увеличением дальности до цели большее значение приобретает влияние атмосферных помех,

снижающих контраст и вызывающих колебания изображения цели. В идеальных условиях хорошие трубы с увеличением в 30—40 раз дают ошибку визирования около 0,3".

К теодолитам примыкают т. н. тахеометры-автоматы и тахеометры-полуавтоматы, позволяющие без вычислений, прямо из отсчётов по рейке, получать редуцированные на горизонтальную плоскость расстояния и превышения точек установки рейки или без вычислений определять только расстояния, а превышения вычислять по найденному расстоянию и измеренному углу наклона.

Инструменты для измерения превышений. Для нивелирования употребляют главным образом оптико-механические нивелиры с горизонтальным лучом визирования: ими производят отсчёт по рейкам, устанавливаемым на точках, разность высот которых надо определить. Известны также нивелиры с наклонным лучом визирования, позволяющие с одной установки определять значительные превышения, но из-за меньшей точности они не получили широкого распространения. В некоторых случаях, например для привязки островов к материку, употребляют т. н. гидростатические нивелиры, основанные на свойстве сообщающихся сосудов сохранять на одной высоте уровень наполняющей их жидкости.

Первые упоминания о нивелирах связаны с именами Герона Александрийского и римского архитектора Марка Витрувия (1 в. до н. э.). Современные очертания нивелиры начали приобретать с появлением уровней и зрительных труб (17 в.).

Нивелиры с горизонтальным лучом визирования отличаются схемой соединения между собой трёх основных частей нивелира: зрительной трубы с сеткой нитей, фиксирующей визирный луч, уровня, служащего для приведения этого луча в горизонтальное положение, и подставки, несущей трубу и соединённой с вертикальной осью вращения. С середины 20 в. применяются преимущественно нивелиры с наглухо соединёнными между собой трубой, уровнем и подставкой, получившие название глухих нивелиров (*рис. 3*).

С 50-х гг. 20 в. широкое распространение получили нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования, в которых для горизонтирования визирной оси взамен уровня применяют компенсатор, представляющий собой оптическую деталь зрительной трубы, подвешенную на маятниковом подвесе. Впервые в мире такой нивелир был изготовлен в СССР в 1946.

При нивелировании употребляют рейки длиной от 1,5 до 4 м. Шкалы реек для точного нивелирования, где расстояние визирования не превосходит 50 м, имеют штрихи шириной в 1 мм, нанесённые через 5 мм на инварной ленте, натянутой в деревянном корпусе пружинами, обеспечивающими постоянство длины шкалы при колебаниях температуры. Для нивелирования низших классов, когда расстояние визирования может достигать 100 м, употребляют деревянные рейки со шкалами из шашек шириной в 1 см с таким же просветом между ними (*рис. 4*).

Инструменты для графических съёмок. Несмотря на широкое развитие методов стереофотограмметрической съёмки планов и карт, ещё находит применение графическая или мензульная съёмка. Основными инструментами для неё являются мензула и кипрегель.

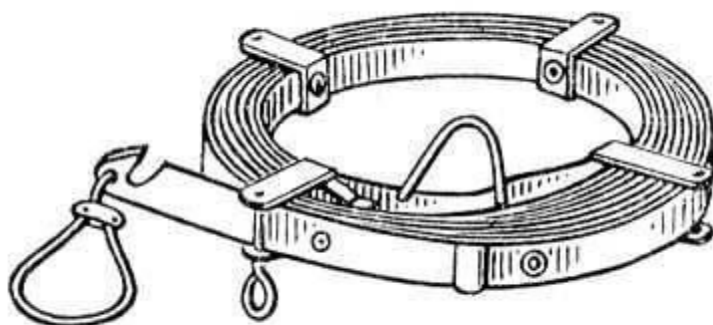
Ещё в 19 в. выпускались широко применявшиеся в России кипрегели так называемого типа Главного штаба. В 30-х гг. в СССР изготовлялся оригинальный и портативный для этого времени кипрегель КШВ (Ширяева — Вилема) в комплекте с упрощённой мензулой (*рис. 5*).

История геодезического инструментостроения в России ведёт своё начало со времён Петра I. Изготовлением Г. и. занимались крупнейшие русские учёные и изобретатели, начиная с М. В. Ломоносова и И. П. Кулибина. В дальнейшем (конец 18 — начало 19 вв.) Г. и. изготовлялись в мастерских Академии наук, Главного штаба, Пулковской обсерватории и др., причём большое значение имели труды В. К. Деллепа, В. Я. Струве, А. С. Васильева и др. Однако промышленного изготовления Г. и. в России почти не существовало и потребность в них удовлетворялась преимущественно за счёт импорта.

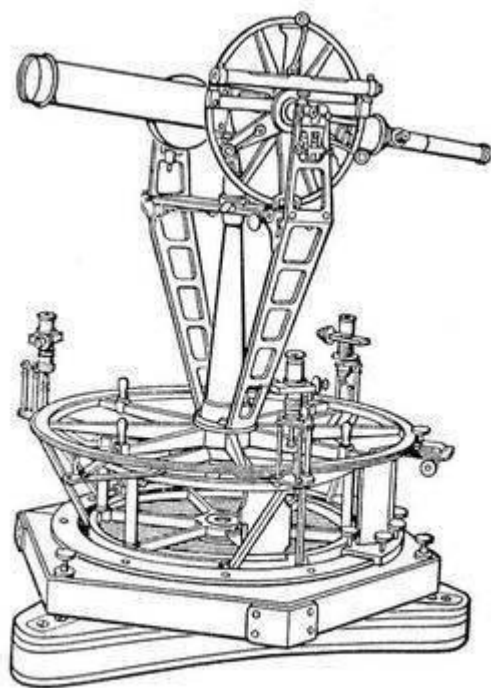
Советское геодезическое инструментоведение началось в 20-х гг. созданием в Москве фабрик "Геодезия" и "Геофизика", где было налажено и конструирование, и серийное производство Г. и. технической точности.

В конце 20-х гг. работы по выпуску отечественных высокоточных Г. и. для создания государственных опорных сетей возглавил Ф. Н. Красовский; Г. и. изготавливались на заводе "Аэрогеоприбор" (ныне экспериментальный Оптико-механический завод в Москве). Оптико-механическая промышленность СССР выпускает ежегодно десятки тысяч Г. и., конструкция и технология производства которых находятся на уровне лучших образцов мировой техники.

Лит.: Красовский Ф. Н. и Данилов В. В. Руководство по высшей геодезии, 2 изд., ч. 1. в. 1—2. М., 1938—39; Чеботарёв А. С. Геодезия 2 изд. ч. 1—2 М., 1955-62; Литвинов Б. А., Геодезическое инструментоведение, М., 1956; Елисеев С. В., Геодезические инструменты и приборы, [2 изд.], М., 1959; Араев И. П., Оптические теодолиты средней точности и оптические дальномеры, М., 1965; Гусев Н. А., Маркшейдерско-геодезические инструменты и приборы, 2 изд., М., 1968; Захаров А. И., Новые теодолиты и оптические дальномеры, М., 1970.



Мерная лента



Теодолит Рамсдена



Глухой высокоточный нивелир



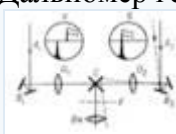
Кипрегель КШВ

Дальномер



Дальномер геометрического типа (схема)

Рис. 1 Дальномер геометрического типа (схема)



Монокулярный дальномер

Рис. 2 Монокулярный дальномер



Фотографический дальномер

Рис. 3 Фотографический дальномер



Стереоскопический дальномер

Рис. 4 Стереоскопический дальномер

1–3 из 4

Дальномер, прибор для измерения расстояний. Широко применяется в инженерной геодезии (при строительстве путей сообщения, гидротехнических сооружений, линий электропередач и т. д.), при топографической съёмке, в военном деле (главным образом для определения расстояний до целей), в навигации, в астрономических исследованиях, в фотографии.

По принципу действия различают Д. геометрических и физических типов. Измерение расстояний Д. первого типа основано на определении высоты h равнобедренного треугольника ABC (рис. 1), например по известной стороне $AB = l$ (базе) и противолежащему острому углу b (т. н. параллактическому углу). При малых углах b (выраженных в радианах) $h = l / b$. Одна из

величин, l или b , обычно является постоянной, а другая — переменной (измеряемой). По этому признаку различают Д. с постоянным углом и Д. с постоянной базой.

Нитяной Д. с постоянным углом представляет собой зрительную трубу с двумя параллельными нитями в поле зрения. Базой Д. служит переносная рейка с равноотстоящими делениями. Измеряемое Д. расстояние до базы пропорционально числу делений рейки, видимых в зрительную трубу между нитями. Нитяным Д. снабжены многие геодезические инструменты (теодолиты, нивелиры и др.). Относительная погрешность нитяного Д. $\sim 0,3—1\%$.

Более сложные оптические Д. геометрического типа имеют собственную постоянную базу. Они разделяются на две группы: монокулярные и бинокулярные (стереоскопические).

Монокулярный Д. (*рис. 2*) устроен т. о., что изображение объекта (цели) видно в окуляре *Ок* составленным из двух половин, разделённых горизонтальной линией; разные половины изображения построены лучами, прошедшими различные оптические системы Д. (O_1 и O_2).

В случае очень удалённого объекта, когда попадающие в Д. лучи A_1 и A_2 практически параллельны, обе половины изображения находятся в одном месте на горизонтальной линии раздела и образуют цельное изображение. С приближением объекта к Д. параллельность лучей A_1 и a_2 нарушается и половинки изображения расходятся вдоль линии раздела. Для измерения расстояния до объекта требуется свести смещённые половинки изображения с помощью оптического компенсатора, расположенного в одной из оптических систем. Результат измерения прочитывается на специальной шкале. Погрешность монокулярных Д. двойного изображения $\sim 0,1\%$ при длинах до 1 км.

Монокулярные Д. с базой 3—10 см широко применяют в качестве фотографических Д. Обычно фотографические Д. объединяют в одну оптическую систему с видоискателем фото- или киноаппарата. Лучи света от объекта съёмки проходят в фотографический Д. (*рис. 3*) через две различные оптические системы (основную и дополнительную). Построенные этими системами изображения видны в окуляре Д. несовмещёнными. Для наведения объектива на резкость и получения чёткого фотоснимка оба изображения совмещают в одно перемещением оптического компенсатора, связанного с механизмом фокусировки объектива фотоаппарата.

Стереоскопический Д. с постоянной базой (*рис. 4*) представляет собой двойную зрительную трубу с двумя окулярами. Действие Д. основано на стереоскопическом эффекте: рассматриваемые отдельно каждым глазом изображения сливаются в одно объёмное, в котором ощущается разница в расположении предметов по глубине. Для определения расстояния до объекта (цели) изображение объекта совмещают с изображением специальной метки ("марки"), находящейся в фокальной плоскости Д. Объект и "марка" должны как бы находиться на одинаковом расстоянии от наблюдателя. Смещение оптического компенсатора, требуемое для совмещения "марки" и цели, пропорционально определяемому расстоянию. Точность стереоскопического Д., особенно с базой в несколько м, на порядок выше точности монокулярных Д.

Принцип действия Д. физического типа — световых, радио и акустических — состоит в измерении времени, которое затрачивает посланный Д. сигнал для прохождения расстояния до объекта и обратно. Скорость распространения сигнала (скорость света c или звука v) считается известной.

Светодальномеры, или электрооптические Д., делятся на импульсные и фазовые. Д. первого вида непосредственно измеряют промежуток времени t , за который световой импульс проходит удвоенное расстояние до $2L$, так что $L = ct/2 + k$, где k — постоянная Д.

В фазовых Д. используется непрерывный световой поток с искусственно создаваемыми высокочастотными изменениями (модуляцией) его интенсивности. При плавном изменении частоты модуляции изменяется разность фаз модуляции у посылаемого и отражённого потоков света. В результате в Д. наблюдаются максимумы и минимумы интенсивности света, по числу которых определяют время t , а затем L (подробнее см. Электрооптический дальномер). По величине и точности светодальномеры делят на большие, средние и малые (топографические), позволяющие измерять расстояния 20—25 км с точностью 1 : 400 000, 5—15 км с точностью 1 : 300 000, а 5—6 км с точностью 1 : 10 000 — 1 : 100 000. На "Луноходе-1" был установлен

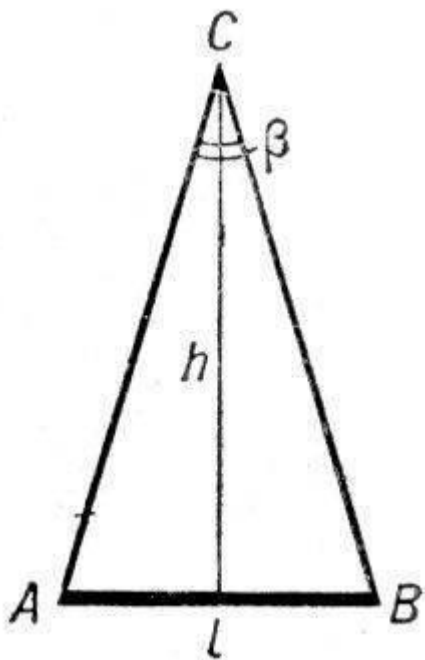
отражатель лазерного светодальномера, предназначенный для измерения расстояния до Луны (около 385 000 км) с точностью несколько м.

В радиодальномерах обычно используют электромагнитные волны сантиметрового и миллиметрового диапазонов. Различают импульсные радиодальномеры и Д. с непрерывным излучением (подробнее см. Радиодальномер).

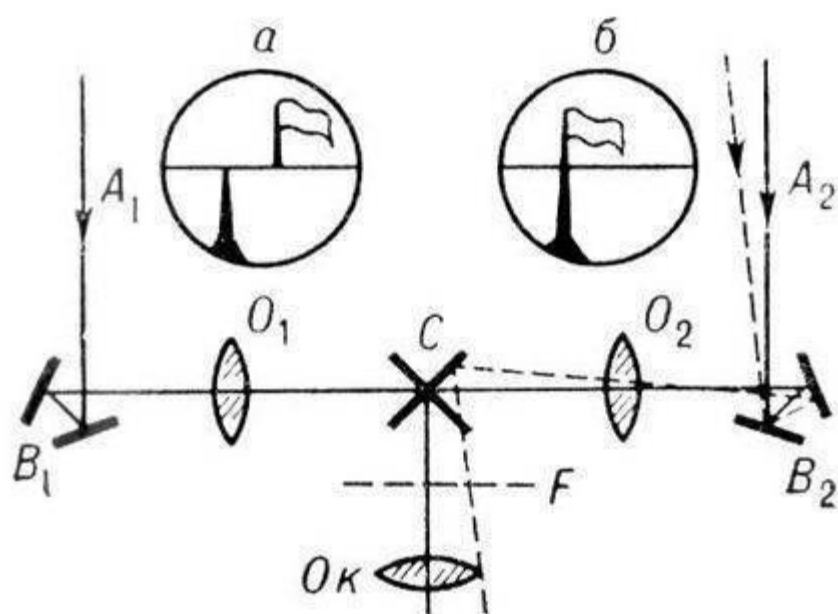
В связи с сильным поглощением и рассеянием света и радиоволн конденсированными средами (жидкостями и твёрдыми телами) свето- и радиодальномеры применяются только в атмосферных условиях и в космическом пространстве. Для определения расстояний в толще вод океанов и морей используют акустические Д., поскольку поглощение водой ультразвука незначительно (см. Эхолот, Гидролокатор).

Теоретически радиус действия Д. физического типа определяется мощностью посылаемых сигналов и чувствительностью приёмного устройства Д., фиксирующего отражённый сигнал. Возможности Д. иллюстрирует следующий пример: во время полёта межпланетной станции "Венера-7" расстояние между Землёй и Венерой (свыше 60 млн. км) измерялось с точностью до 1 км.

Лит.: Краткий топографо-геодезический словарь-справочник, М., 1968; Кондрашков А. В., Электрооптические дальномеры, М., 1959; Проворов К. Л., Радиогеодезия, М., 1965; Бородулин Г. И., Обзор современной светодальномерной аппаратуры, "Геодезия и картография", 1970



Дальномер геометрического типа



Моноккулярный дальномер

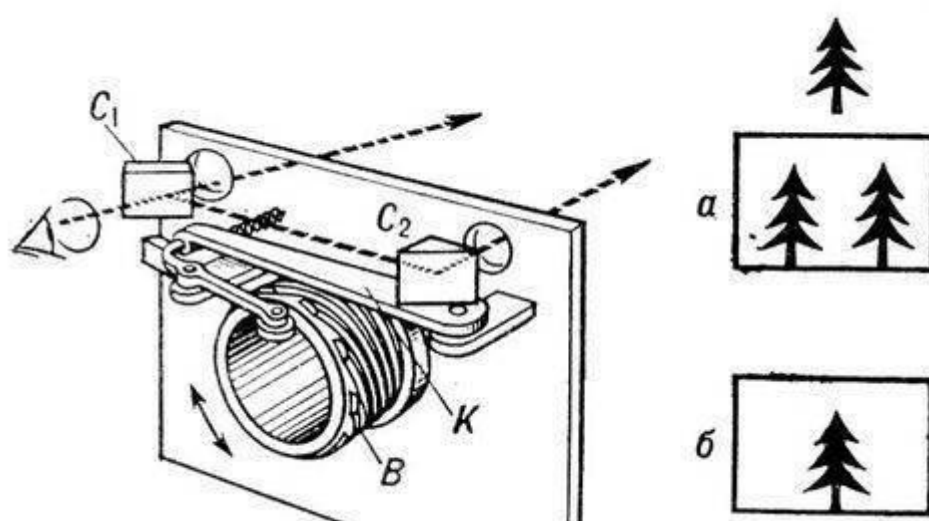


Рисунок – Фотографический дальномер

-  Рейка Высоцкого

Рисунок 2 – Рейка

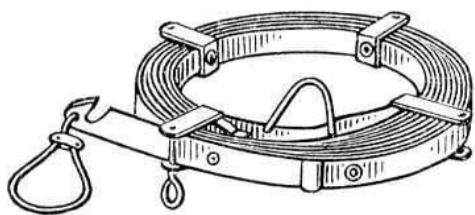


Рисунок 3 – Рулетка (мерная лента)

Рассмотрим краткую характеристику приборов, которые будут использоваться на учебной практике по геодезии.

Оптический теодолит

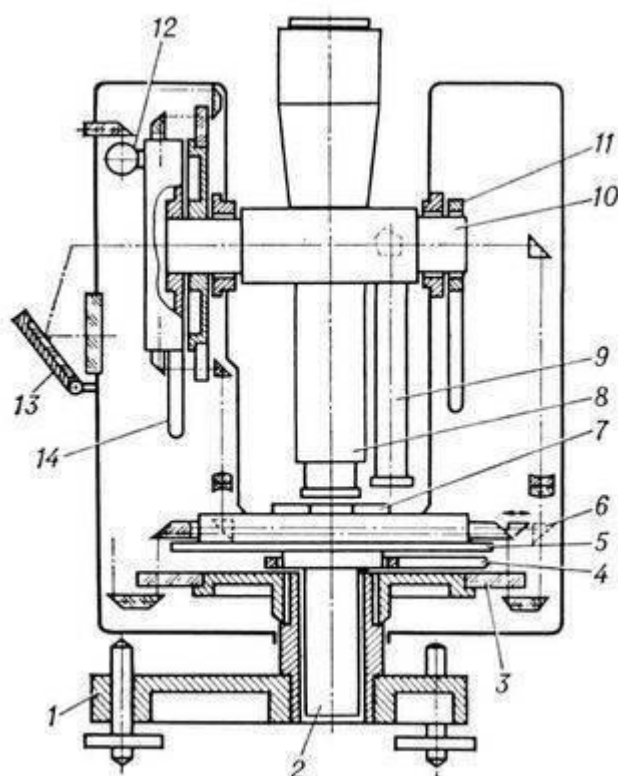


Рисунок 2 – Схема оптического теодолита

Теодолит является одним из самых распространенных геодезических инструментов, применяемый для самых различных видов работ. Этот измерительный прибор предназначен для определения направлений и вычисления горизонтальных и вертикальных углов в геодезии, строительстве, картографии, землеустройстве.

Несмотря на то, что сегодня широкое распространение получили высокотехнологические разновидности теодолита –

электронные теодолиты и тахеометры,

традиционный оптический теодолит продолжает пользоваться колоссальным спросом.

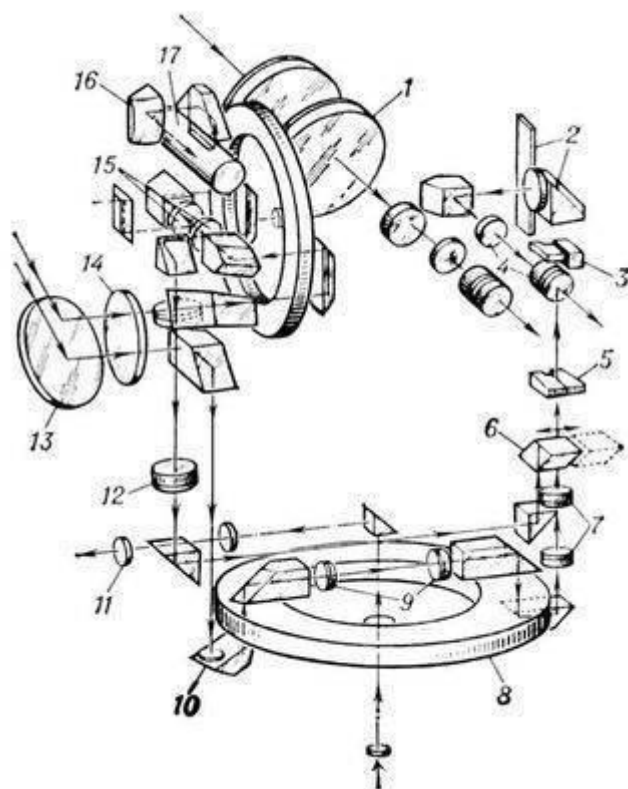


Рисунок 3 – Оптическая схема теодолита

Основные достоинства оптических теодолитов

Главное преимущество оптического теодолита перед своими высокотехнологическими электронными собратьями – простота конструкции и независимость от элементов питания. Разумеется, цена оптического теодолита значительно ниже электронных аналогов, что также объясняет его популярность среди геодезистов, ведь зачастую от прибора требуется выполнение его изначальной функции – исключительно измерения направлений и вычислений углов. При этом, пользователь не видит смысла переплачивать огромные деньги за большое количество дополнительных функций, таких как большой объем памяти, наличие фотокамер или беспроводных интерфейсов передачи данных.

Оптический теодолит обладает минимальным набором возможностей – но эти возможности являются ключевыми, и этот прибор справляется с поставленными задачами на все сто процентов.

Оптические теодолиты – надежные приборы, проверенные временем. Благодаря отсутствию в своей конструкции электронных элементов, оптические теодолиты могут работать в таких условиях, где применение электронных теодолитов и тахеометров не представляется возможным. Эти приборы успешно эксплуатируются в условиях экстремально низких температур и даже сильного радиационного заражения местности, что немаловажно в свете последних событий.

Именно оптические теодолиты пришли на помощь во время ликвидации последствий аварии на АЭС Фукусима в Японии, несмотря на то, что эта страна является признанным лидером в производстве высокотехнологических электронных приборов.

Оптические теодолиты имеют прочный и надежный корпус, обеспечивающий превосходную защиту от внешних факторов. Даже в условиях проливного дождя, пыльной бури, крепких морозов или вибраций на строительной площадке эти приборы сохраняют работоспособность и гарантируют получение точных результатов измерений.

Рассмотрим классификацию теодолитов в соответствии с общепринятой классификацией и ГОСТом 10529-96. Оптические теодолиты, выпускаемые на территории Российской Федерации можно разделить на шесть типов, в зависимости от точности измерений, производимых одним приемом. Так, например компания УОМЗ выпускает теодолиты Т1, Т2, Т5, Т15, Т30 и Т60, с угловой точностью в 1, 2, 3, 5, 15, 30 и 60 секунд соответственно. Цифра, стоящая перед буквой «Т» обозначает номер модификации серии, или «поколение». Сама буква «Т» обозначает «теодолит».

К примеру, модификация 3Т5КП означает, что данный **оптический теодолит** относится к приборам 3 поколения, с точностью 5 секунд. Буквы «К» и «П» означают, что данный инструмент оснащен компенсатором, и имеет прямое изображение. Встречающаяся в некоторых моделях буква «М», например 2Т30МКП, может означать, что данный прибор предназначен специально для маркшейдерских работ, для чего в нем предусмотрены крепления к потолку и стенам и специальная шкала для наблюдения за качанием отвеса при передаче координат с поверхности в шахту.

Исходя из угловой точности, или средней квадратической погрешности при измерениях одним приемом, все теодолиты условно можно разделить на три большие группы:

- **Высокоточные, или прецизионные теодолиты.** Имеют угловую точность до 1", чаще всего применяются при работах по построению геодезических сетей сгущения, в полигонометрии и триангуляции, а также в наблюдениях за деформациями зданий и сооружений.
- **Точные теодолиты.** Самая распространенная и востребованная группа. Приборы имеют угловую точность от 2" до 5", применяются в топографии, землеустройстве, различных ландшафтных и строительных работах.
- **Технические теодолиты.** Способны определять углы с погрешностью до 60", применяются в работах, не требующих повышенной точности, например в околостроительных, отделочных работах, в мелиоративных и лесомелиоративных мероприятиях.

Дополнительные аксессуары для теодолитов

Многие модели оптических теодолитов способны также определять расстояния, для чего они оснащены нитяным дальномером. При помощи буссоли можно на местности определить азимут, а горизонтальный луч предназначен для геометрического нивелирования. Для отдельных моделей теодолитов доступна установка специальных светодальномеров и специальных оптических насадок. Использование микрометрических насадок и съемных окуляров позволяет повысить точность и качество измерений.

Нивелир оптический

Проведение геодезических работ невозможно представить без такого прибора, как оптический нивелир, с помощью которого на местности определяется превышение (разность высот) одной точки над другой. Самые распространенные и популярные геодезические приборы являются оптические нивелиры.

Эти приборы различают по принципу их работы и способу выполнения измерений. Остановимся подробнее на классическом геодезическом инструменте — оптическом нивелире.

Рассмотрим устройство нивелира с уровнем

Простейший нивелир с уровнем состоит из следующих основных частей:

1. Зрительная труба — оптическое устройство, свободно вращающееся в горизонтальной плоскости, которое отвечает за систему наведения на объект съемки.
2. Цилиндрический уровень — чувствительное устройство, показывающее точность ориентирования прибора (его визирной оси) относительно отвеса. Когда пузырек уровня приводится в так называемый «нуль-пункт», визирная ось строго горизонтальна.
3. Трегер — подставка с тремя подъемными винтами, на которой установлена зрительная труба.
4. Элевационный винт — устройство, отвечающее за однозначное ориентирование путем приведения визирной линии инструмента в горизонтальное положение.

Современный **нивелир оптический**, как правило, оснащен компенсатором — встроенным в прибор, который исключает погрешности, вызванные наклоном, поддерживая инструмент в строго горизонтальном положении.

В зависимости от класса проводимых работ выбирают оптический нивелир, соответствующий необходимому классу точности измерений и отвечающий всем установленным требованиям.

Оптический нивелир, который соответствует все предъявляемым в инструкции по нивелированию I класса нормам, может быть следующей маркировки: Н-05 и Н1, Ni-002 и Ni-004 и пр.

При II классе также используют высокоточные оптические нивелиры с плоскопараллельными пластинами, компенсаторами или контактными уровнями, пузырьки которых отчетливо наблюдаются в поле зрения трубы. Это могут быть такие приборы как Н-05, Н1, Ni-002, Ni-004 и Ni-007, а также те приборы, которые прошли сертификацию на соответствие необходимому классу точности и требованиям инструкции.

Для III класса подойдет оптический нивелир со встроенным компенсатором, а для четвертого (IV) класса точности нивелирования отдают предпочтение как приборам с уровнем, так и с компенсатором.

В связи с классификацией нивелирования для удобства принято разделять на: высокоточные, точные и технические.

Принцип съемки с помощью оптического нивелира

На примере нивелирования IV класса рассмотрим порядок действий при измерениях, которые в данном случае осуществляются в одном направлении методом так называемой «средней нити».

1. С помощью цилиндрического или контактного уровня, прибор приводится в рабочее положение.
2. Зрительная труба наводится на заднюю рейку (черную сторону), а пузырек уровня приводится в «нуль-пункт» с помощью элевационного или подъемных винтов. Снимается отсчет по сетке нитей зрительной трубы — дальномерным и среднему штрихам.
3. Зрительная труба наводится на переднюю рейку (черную сторону), пузырек приводится в «нуль-пункт», снимается отсчет.
4. Зрительная труба наводится на красную сторону передней части рейки, затем снимается отсчет по сетке — по среднему ее штриху.

5. Наводят трубу на черную сторону задней стороны рейки, и снимается отсчет.

В том случае, если в работе используется такое геодезическое оборудование, как оптический нивелир с компенсатором, то после того как прибор приведен в рабочее положение, необходимо вначале убедиться в нормальном рабочем состоянии компенсатора, а потом сразу приступать к съемке, т.е. снятию отсчетов по рейкам.

По ходу съемки все наблюдения заносятся в полевой журнал, а при наличии регистратора вводят в его запоминающее устройство. При получении расхождения в значениях превышения на станции, вычисленного по двум сторонам реек, более чем на 5 мм (с учетом разницы высот нулей реек) — измерения повторяют, при этом изменив высоту прибора на 3 см и больше.

После завершения полевых работ, по результатам заполняется специальная ведомость превышений строго установленного образца. Но прежде подсчитывается невязка по линии хода между исходными реперами, она не должна превышать значения в 20 мм.

Оптический нивелир многие десятилетия будет занимать твердые позиции на строительной площадке, т.к. пока нет приборов способных заменить данный геодезический инструмент.

Лазерный дальномер

Лазерный дальномер — это оптико-электронное устройство для определения дальности до любой точки или объекта на местности. Многие до сих пор называют лазерный дальномер рулетка, потому что этот современный инструмент для вычисления расстояний заменил геодезистам и строителям традиционную механическую рулетку. Лазерный дальномер — это отдельное устройство, однако некоторые геодезические приборы, например тахеометры, включают его в свою комплектацию. Лазерные дальномеры широко используются для решения строительных, геодезических задач, а также для бытовых нужд. В зависимости от функциональности геодезического прибора он может не только измерять дальность, но и делать вычисления площадей и объемов каких-либо помещений.

Принцип работы лазерного дальномера

Основой работы лазерного дальномера является лазер (импульсный) и контроллер сигнала. Расстояние до объекта определяется по времени, за которое луч проходит путь до отражателя и обратно. Поскольку электромагнитное излучение распространяется с определенной скоростью, то, зная время луча в пути, можно вычислить дальность от лазерного дальномера до объекта. Импульсный метод измерения предполагает использование для вычислений следующей формулы:

$$L = ct/2,$$

где L — расстояние до определяемого объекта, c — скорость, с которой распространяется излучение, t — период времени, за который сигнал проходит до определяемой точки и обратно до дальномера.

Данная формула наглядно демонстрирует, что конечная точность измерений дальности зависит от точности определения временного промежутка. Поэтому чем меньше импульсный диапазон, тем выше точность результатов измерений.

Основные производители измерительных приборов для геодезии выпускают геодезическое оборудование, в том числе дальномеры, в широком ценовом сегменте. На дальномер лазерный цена зависит от функциональных и технических особенностей прибора и обычно она приемлема для большого круга потребителей. Однако купить дальномер — это всего лишь полдела, главное знать некоторые правила его эксплуатации, для того чтобы обеспечить корректную работу геодезического прибора в течение продолжительного периода.

Основные правила эксплуатации лазерных дальномеров

Лазерный дальномер — это современный высокотехнологичный инструмент, который требует правильной эксплуатации. Вот основные правила, которые необходимо соблюдать при использовании:

- Не проводить измерения при очень низкой температуре окружающей среды и при большой относительной влажности воздуха.
- Не проводить измерения в запыленном помещении.
- Беречь прибор от ударов и падений с большой высоты.

В случае несоблюдения данных правил, вы рискуете получить большую погрешность проведенных измерений, а также сократить срок эксплуатации прибора.

Лазерный дальномер надежно и быстро осуществляет измерения и при необходимости заносит их во внутреннюю память. Геодезический прибор оснащается ЖК-дисплеем, на который выводится результат измерений. Во время эксплуатации инструмента следует также беречь от механических повреждений экран, поскольку его замена обойдется очень дорого. Лучше всего хранить и перемещать лазерный дальномер в специальном чехле, который обычно поставляется в комплекте с инструментом.

Нивелир

Нивелир (от франц. *niveler* – выравнивать, *niveau* – уровень), геодезический инструмент для измерения превышения точек земной поверхности – нивелирования, а также для задания горизонтальных направлений при монтажных и т.п. работах. Наибольшее распространение имеют оптико-механические нивелиры, снабженные зрительной трубой, при помощи которой производят отсчёт по рейке. Перед отсчётом визирную линию зрительной трубы устанавливают горизонтально при помощи уровня; в нивелирах с самоустанавливающейся линией визирования это осуществляется автоматически.

Главное требование, предъявляемое к нивелиру с уровнем, – обеспечение близкого к параллельному и достаточно стабильного по времени и при изменениях температуры взаимного положения визирной линии и оси уровня, достигаемого при выверке инструмента, которую приходится часто повторять. Главным образом для упрощения выверки были созданы весьма разнообразные и многочисленные типы нивелиров, различающиеся родом соединения между собой трёх основных частей нивелира – зрительной трубы, уровня и подставки.

Так, уровень может быть скреплен с трубой, перекладываемой на подставке, или с этой подставкой и т.д. Однако оказались наиболее стабильными и получили наибольшее распространение так называемые глухие нивелиры, в которых уровень и труба наглухо соединены с подставкой (рисунок). Для облегчения установки пузырька уровня в нуль-пункт и повышения её точности глухие нивелиры часто снабжают элевационным винтом (рисунок). Подставкой в этой схеме являются все детали, соединяющие зрительную трубу с горизонтальной осью. По точности нивелиры делятся на высокоточные, точные и технические, дающие на 1 км хода ошибки, не превышающие, соответственно, 0,5 – 1,0 мм, 4– 8 мм и 15 мм.

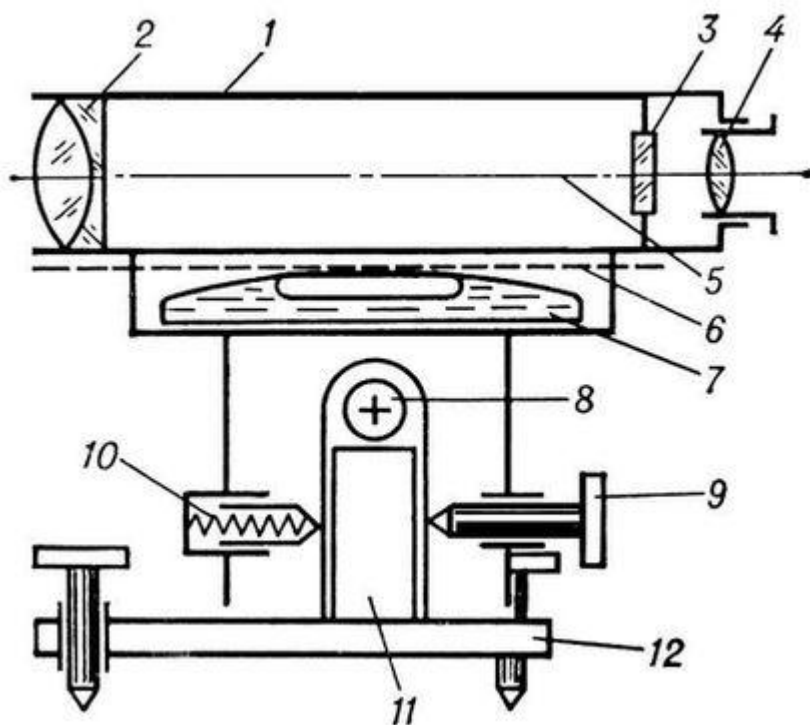


Рис. 2. Принципиальная схема глухого нивелира с элевационным винтом: 1 – зрительная труба; 2 – объектив; 3 – сетка нитей; 4 – окуляр; 5 – визирный луч; 6 – ось уровня; 7 – уровень; 8 – горизонтальная ось; 9 – элевационный винт; 10 – контрпружина элевационного винта; 11 – вертикальная ось; 12 – трегер с подъёмными винтами.

Теодолит

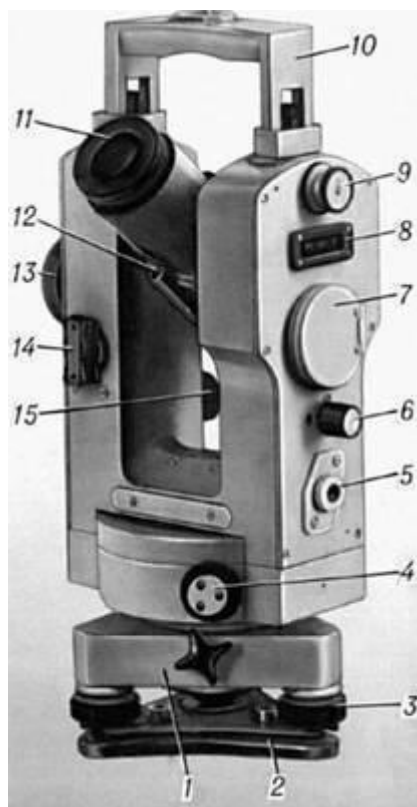


Рисунок – Оптический теодолит



Рисунок 1 – Высокоточный глухой нивелир Н 2

Установочные приспособления: Виды установочных приспособлений. Подъемные винты, закрепительные приспособления и приспособления наводки. Визирные и дальномерные приспособления. Трубы геодезических инструментов и их основные функции. Типы дальномерных приспособлений. Точность визирования. Разрешающая сила зрительных труб. Сетки в трубах. Нитяной дальномер в трубах с внутренним фокусированием.

Раздел шестой. Отсчетные приспособления. Отчет по индексу. Отчет по верньеру. Отсчет по трансверсалиям. Отсчет по микрометру. Лупы и микроскопы в отсчетных приспособлениях. Винтовой микроскоп. Принцип совмещенного отсчета в угломерных геодезических инструментах. Особенности конструкций оптических систем отсчетных приспособлений. Отдельные конструкции приборов для линейных измерений и шкал: стальная рулетка, инварная проволока, нивелирные рейки..

Геодезические инструменты для съемок и геодезического обоснования: теодолиты, нивелиры, тахеометры, дальнометры. Совершенствование геодезических приборов. Современное геодезическое оборудование: цифровые теодолиты, цифровые нивелиры, электронные тахеометры, лазерные дальнометры, аксессуары для современных геодезических инструментов.

Введение

Лабораторный практикум по геодезии содержит четыре темы:

Первая тема Введение.

Предмет и задачи лабораторного практикума по геодезии.

Особенности геодезических инструментов и основные требования к ним. Классификация геодезических инструментов. Назначение геодезических инструментов, основные требования к геодезическим приборам и инструментам; правила эксплуатации. Отдельные геодезические инструменты, применяемые в нашей стране Геодезические измерения. Основные способы и точность измерений.

Второй раздел: Конструирование геодезических приборов. Исходные данные для конструирования геодезических приборов. Принципиальные схемы геодезических приборов. Инструментальные погрешности, связанные с отдельными частями инструментов. Расчет инструментальных погрешностей с учетом систематически действующих факторов. Эксцентриситет. Влияние эксцентриситета на отчеты и точность измерений. Общие сведения о факторах, влияющих на конструкции геодезических инструментов.

Третий раздел:

Уровни. Общие сведения. Виды уровней. Цена деления уровня. Чувствительность уровня. Особенности изготовления ампул уровня. Исследование ампул уровней на экзаменаторе.

Четвертый раздел: Лимбы. Общие сведения о лимбах и требования к ним. Ошибки лимба. Точность нанесения штрихов лимба. Цена деления лимба. Выбор диаметра лимба. Размер штрихов лимба. Деформация лимбов. Особенности устройства и погрешности работы круговых делительных машин. Исследование ошибок делений лимба.

Пятый раздел: Осевые системы. Общие требования к изготовлению осевых систем. Центрировка. Точность центрировки. Приспособления центрировки лимбов теодолитов. Деформация осевых систем. Виды осей. Конструкция вертикальных осевых систем. Теория вертикального круга. Горизонтальные оси.

Раздел шестой. Установочные приспособления: Виды установочных приспособлений. Подъемные винты, закрепительные приспособления и приспособления наводки. Визирные и дальномерные приспособления. Трубы геодезических инструментов и их основные функции. Типы дальномерных приспособлений. Точность визирования. Разрешающая сила зрительных труб. Сетки в трубах. Нитяной дальномер в трубах с внутренним фокусированием.

Раздел шестой. Отсчетные приспособления. Отчет по индексу. Отчет по верньеру. Отсчет по трансверсалиям. Отсчет по микрометру. Лупы и микроскопы в отсчетных приспособлениях. Винтовой микроскоп. Принцип совмещенного отсчета в угломерных геодезических инструментах. Особенности конструкций оптических систем отсчетных приспособлений. Отсчетные приспособления нивелиров. Отдельные конструкции приборов для линейных измерений и шкал: стальная рулетка, инварная проволока, нивелирные рейки..

Раздел седьмой. Геодезические инструменты для съемок и геодезического обоснования: теодолиты, нивелиры, тахеометры, дальномеры. Совершенствование геодезических приборов. Цифровые теодолиты, цифровые нивелиры, электронные тахеометры, лазерные дальномеры, аксессуары для современного геодезического оборудования.

Задания по темам (1-6) лабораторного практикума по геодезии студенты выполняют на технических теодолитах (теодолитах типа ТТ5), предварительно изучив его устройство, основные параметры и технические требования. Выполняя основные поверки этого прибора и проводя измерения горизонтальных и вертикальных углов между заданными направлениями, они знакомятся с особенностью конструкции геодезических приборов, с основными погрешностями инструментов, которые сказываются на результатах измерений. Особое внимание студенты должны уделить коллимационной погрешности и эксцентриситету. Для

понимания причины возникновения эти погрешностей необходимо изучать теорию конструкции геодезических инструментов (например, теорию вертикально круга) и применять особые методы измерений. Так, для исключения ошибки эксцентриситета алидады необходимо взятие двух отсчетов по диаметрально противоположным отсчетным приспособлениям. Результаты измерений и вычисленные значения погрешностей записываются в ведомость вычисления горизонтальных и вертикальных углов с объяснением причин возникновения этих погрешностей.

Нивелирная сеть

Нивели'рная сеть, сеть пунктов земной поверхности, высоты которых над уровнем моря определены из нивелирования, т. е. высотная опорная геодезическая сеть. Пункты Н. с. закрепляют на местности марками нивелирными и реперами, которые закладывают в стены долговечных сооружений или непосредственно в грунт на некоторую глубину. Н. с. служит высотной основой топографических съёмок, а при повторных определениях нивелирных высот её пунктов используется также для изучения вертикальных движений земной коры.

Нивелирование

Нивели'рование, определение высот точек земной поверхности относительно исходной точки («нуля высот») или над уровнем моря. Н. — один из видов геодезических измерений, которые производятся для создания высотной опорной геодезической сети (т. е. нивелирной сети) и при топографической съёмке (см. Топография), а также в целях проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений, железных и шоссейных дорог и т.д. Результаты Н. используются в научных исследованиях по изучению фигуры Земли, колебаний уровней морей и океанов, вертикальных движений земной коры и т.п.

По методу выполнения Н. различают: геометрическое, тригонометрическое, барометрическое, механическое и гидростатическое Н. При изучении фигуры Земли высоты точек земной поверхности определяют не над уровнем моря, а относительно поверхности референц-эллипсоида и применяют методы астрономического или астрономо-гравиметрического нивелирования.

Геометрическое Н. выполняют путём визирования горизонтальным лучом трубой нивелира и отсчитывания высоты визирного луча над земной поверхностью в некоторой её точке по отвесно поставленной в этой точке рейке с нанесёнными на ней делениями или штрихами (см. Геодезические инструменты). Обычно применяют метод Н. из середины, устанавливая рейки на башмаках или колышках в двух точках, а нивелир — на штативе между ними (**рис. 1**). Расстояния от нивелира до реек зависят от требуемой точности Н. и условий местности, но должны быть примерно равны и не более 100—150 м. Превышение h одной точки над другой определяется разностью отсчётов a и b по рейкам, так что $h = a - b$. Так как точки, в которых установлены рейки, близки друг к другу, то измеренное превышение одной из них относительно другой можно принять за расстояние между проходящими через них уровненными поверхностями. Если геометрическим Н. определены последовательно превышения между точками A и B , B и C , C и D и т.д. до любой удалённой точки K , то путём суммирования можно получить измеренное превышение точки K относительно точки A или исходной точки O , принятой за начало счёта высот. Уровненные поверхности Земли, проведённые на различных высотах или в различных точках земной поверхности, не параллельны между собой. Поэтому для определения нивелирной высоты точки K необходимо измеренное превышение относительно исходной точки O исправить поправкой, учитывающей непараллельность уровненных поверхностей Земли.

Физический смысл геометрического Н. состоит в том, что на перемещение единицы массы на бесконечно малую высоту dh затрачивается работа $dW = -gdh$, где g — ускорение силы тяжести. Применительно к Н. от исходной точки O до текущей точки K можно написать

$$W_K - W_O = - \int_{(OK)} gdh,$$

где W_O и W_K — потенциалы силы тяжести в этих точках, а интеграл вычисляется по пути Н. между ними (полученную по этой формуле величину называют геопотенциальной отметкой). Т. о., Н. можно рассматривать как один из способов измерения разности потенциалов силы тяжести в данной и исходной точках.

Исходную точку Н., или начало счёта нивелирных высот, выбирают на уровне моря. Нивелирную высоту h над уровнем моря определяют по формуле

$$h = \frac{1}{\gamma_m} \int_{(OK)} gdh,$$

где g_m — некоторое значение ускорения силы тяжести, от выбора которого зависит система нивелирных высот. В СССР принята система нормальных высот, отсчитываемых от среднего уровня Балтийского моря, определённого из многолетних наблюдений относительно нуля футштока в Кронштадте.

В зависимости от точности и последовательности выполнения работы по геометрическому Н. подразделяются на классы. Государственная нивелирная сеть СССР строится по особой программе и делится на 4 класса. Н. I класса выполняют высокоточными нивелирами и штриховыми инварными рейками по особо выбранным линиям вдоль железных и шоссейных дорог, берегов морей и рек, а также по др. трассам, важным в том или ином отношении. По линиям Н. I класса средняя квадратичная случайная ошибка определения высот не превышает $\pm 0,5$ мм, а систематическая ошибка всегда менее $\pm 0,1$ мм на 1 км хода. В СССР Н. I класса повторяют не реже, чем через 25 лет, а в отдельных районах значительно чаще, чтобы получить данные о возможных вертикальных движениях земной коры. Между пунктами Н. I класса прокладывают линии Н. II класса, которые образуют полигоны с периметром 500—600 км и характеризуются средней квадратичной случайной ошибкой около ± 1 мм и систематической ошибкой $\pm 0,2$ мм на 1 км хода. Нивелирные линии III и IV классов прокладываются на основе линий высших классов и служат для дальнейшего сгущения пунктов нивелирной сети. Для долговременной сохранности нивелирные пункты, выбираемые через каждые 5—7 км, закрепляются на местности реперами или марками нивелирными, закладываемыми в грунт, стены каменных зданий, устои мостов и т.д.

Тригонометрическое Н., часто называемое геодезическим Н., основано на простой связи угла наклона визирного луча, проходящего через две точки местности, с разностью высот этих точек и расстоянием между ними. Измерив теодолитом в точке A угол наклона α визирного луча, проходящего через визирную цель в точке B , и зная горизонтальное расстояние s между этими точками, высоту инструмента l и высоту цели a (рис. 2), разность высот h этих точек вычисляют по формуле:

$$h = s \operatorname{tg} \alpha + l - a.$$

Эта формула точна только для малых расстояний, когда можно не считаться с влиянием кривизны Земли и искривлением светового луча в атмосфере (см. Рефракция). Более полная формула имеет вид:

$$h = s \operatorname{tg} n + l - a + (1 - k) s^2 / 2R,$$

где R — радиус Земли как шара и k — коэффициент рефракции.

Тригонометрическим H определяют высоты пунктов *триангуляции* и *полигонометрии*. Оно широко применяется в топографической съёмке. Тригонометрическое H позволяет определять разности высот двух значительно удалённых друг от друга пунктов, между которыми имеется оптическая видимость, но менее точно, чем геометрическое H . Точность его результатов в основном зависит от трудно учитываемого влияния земной рефракции.

Барометрическое H основано на зависимости давления воздуха от высоты точки над уровнем моря (см. *Барометрическая формула*). Давление воздуха измеряют *барометром*. Для вычисления высоты в измеренное давление вводят поправки на влияние температуры и влажности воздуха. Барометрическое H широко применяют в географических и геологических экспедициях, а также при топографической съёмке труднодоступных районов. При благоприятных метеорологических условиях погрешности определения высоты не превышают 2—3 м.

Механическое H выполняют установленным на велосипеде или автомашине нивелир-автоматом, позволяющим автоматически вычерчивать профиль местности и измерять расстояние по пройденному пути. В нивелир-автоматах вертикаль задаётся тяжёлым *отвесом*, а расстояние фиксируется фрикционным диском, связанным с колесом велосипеда. Электромеханический нивелир-автомат монтируется на автомашине и позволяет определять не только разность высот смежных точек и расстояние между ними на соответствующих счётчиках, но и профиль местности на фотоленте.

Гидростатическое H основано на том, что свободная поверхность жидкости в сообщающихся сосудах находится на одном уровне. Гидростатический нивелир состоит из двух стеклянных трубок, вставленных в рейки с делениями, соединённых резиновым или металлическим шлангом и заполненных жидкостью (вода, диметилфталат и т.п.). Разность высот определяют по разности уровней жидкости в стеклянных трубках, причём учитывают различие температуры и давления в различных частях жидкости гидростатического нивелира. Погрешности определения разности высот этим методом составляют 1—2 мм. Гидростатическое H применяют для непрерывного изучения деформаций инженерных сооружений, высокоточного определения разности высот точек, разделённых широкими водными преградами, и др.

Астрономическое и астрономо-гравиметрическое H применяют для определения высот *геоида* или квазигеоида над референц-эллипсоидом. Путём сравнения астрономических широт и долгот точек земной поверхности с их геодезическими широтами и долготами сначала находят составляющие *отклонения отвеса* в плоскостях меридиана и первого вертикала в каждой из этих точек. По этим составляющим вычисляют отклонения отвеса q в вертикальных плоскостях, проходящих через точки A и B , B и C и т.д., и тем самым получают углы наклона геоида относительно референц-эллипсоида в этих плоскостях. Выбирая точки A и B , B и C и т.д. настолько близко друг к другу (*рис. 3*), чтобы изменение отклонений отвеса между ними можно было считать линейным, разность высот Dz в смежных точках вычисляют по формуле

$$\Delta \xi = \int \Theta ds = \frac{1}{2}(\Theta_1 + \Theta_2)s.$$

Зная высоту геоида в исходном пункте H и суммируя найденные приращения высот, получают высоту геоида в любом исследуемом пункте. Складывая же высоту геоида с

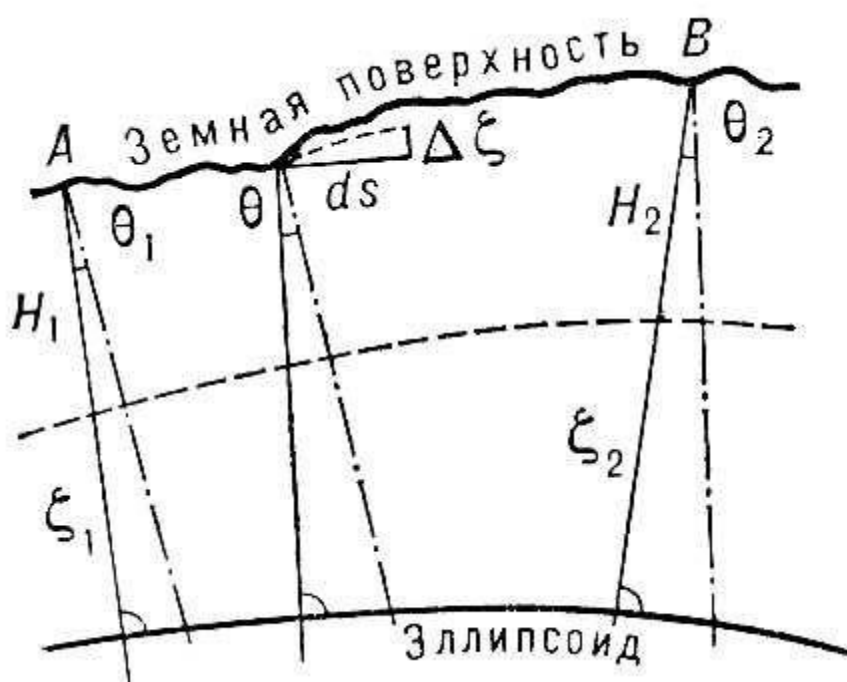
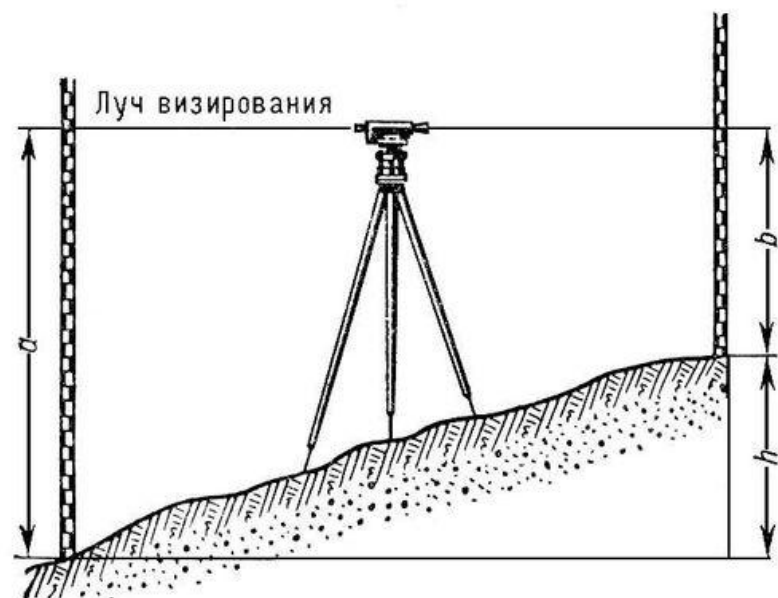
ортометрической высотой, получают высоту точек земной поверхности над референц-эллипсоидом. Отклонения отвеса меняются от пункта к пункту линейно только при малых расстояниях между ними, так что астрономическое Н, требует густой сети астрономо-геодезических пунктов и поэтому невыгодно.

В СССР влияние нелинейной части уклонений отвеса учитывается по гравиметрическим данным. В этом случае астрономическое Н. превращается в астрономо-гравиметрическое Н., которое позволяет определять высоты квазигеоида и широко применяется в исследованиях фигуры и гравитационного поля Земли.

Историческая справка. Н. возникло в глубокой древности в связи со строительством оросительных каналов, водопроводов и т.п. Первые сведения о водяном нивелире связывают с именами римского архитектора Марка Витрувия (1 в. до н. э.) и древнегреческого учёного Герона Александрийского (1 в. н. э.). Дальнейшее развитие методов Н. связано с изобретением зрительной трубы (конец 16 в.), барометра — Э. *Торричелли* (1648), сетки нитей в зрительных трубах — Ж. *Пикаром* (1669), цилиндрического уровня — английским оптиком Дж. Рамсденом (1768).

В созданной Петром I оптической мастерской в 1715—25 И. Е. Беляев изготавливал различные приборы, включая и ватерпасы с трубой, т. е. нивелиры. В 18 в. высоты пунктов в России определяли барометром, а с начала 19 в. стали применять тригонометрическое Н. Под руководством В. Я. *Струве* в 1836—37 тригонометрическим Н. были определены разность уровней Азовского и Чёрного морей и высота г. Эльбрус. Метод геометрического Н. впервые был широко использован в 1847 при инженерных изысканиях Суэцкого канала. Первые применения геометрического Н. в России в 19 в. также были связаны со строительством водных и сухопутных путей сообщения.

В 1871 Военно-топографический отдел Главного штаба России начал работы по созданию нивелирной сети страны, а в 1913 приступил к выполнению Н. высокой точности. Русские геодезисты С. Д. Рыльке, Н. Я. Цингер, И. И. Померанцев и др. своими исследованиями внесли большой вклад в развитие теорий и методов нивелирных работ. В СССР нивелирные работы интенсивно развивались в связи с решением различных народнохозяйственных и инженерно-технических задач. По результатам повторных нивелировок определены скорости современных вертикальных движений земной коры в пределах почти всей Европейской части территории СССР. В Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэросъёмки и картографии выполнены широкие исследования по теоретическим и методическим проблемам Н., которое является одним из основных и важнейших видов современных геодезических работ.



6.5 Современное геодезическое оборудование



В этом разделе вы можете выбрать и купить(заказать) необходимые аксессуары для ваших геодезических приборов(геодезического оборудования), которые вы приобретаете в нашей компании или приобретали раньше. Рассмотрим подробнее какие аксессуары и для каких приборов вам необходимо купить.

Для оптического нивелира вам необходимо выбрать штатив и рейку. Обычно в комплекте покупают легкий алюминиевый штатив или легкий деревянный штатив.

Из достоинств таких штативов необходимо отметить небольшой вес и невысокую цену. Нужно помнить, что легкий нивелирный штатив рассчитан только на установку оптических нивелиров для стройки и некоторых моделей лазерных нивелиров. На штативах установлен винт с дюймовой резьбой. Рейку обычно приобретают алюминиевую телескопическую. Такие рейки изготовлены из алюминия имеют небольшой вес и комплектуются пузырьковым уровнем и чехлом(чехол имеет лямку для переноски на плече). Широкое распространение получили нивелирные алюминиевые телескопические рейки длиной 3м/4м/5м, в сложенном состоянии длина рейки не превышает 1.2м. Звенья рейки соединяются между собой в рабочем состоянии помощью кнопок-фиксаторов.

Для электронного теодолита отдельно приобретают штатив, иногда рейку. Штатив для теодолита нужен прочнее чем для нивелира, поэтому обычно покупают алюминиевый штатив, который подходит и для установки тахеометров и для установки теодолитов. По-сравнению с нивелирным штативом этот аксессуар для теодолита имеет больший вес и размеры площадки для установки прибора. На такой штатив вы при необходимости сможете установить оптический или лазерный ротационный нивелир.

Для электронного тахеометра покупают штатив(алюминиевый или деревянный), вежу телескопическую, отражатель(призма или минипризма). Минипризму с минивехой обычно приобретают для работ в строительстве, минивеха имеет небольшие размеры, а минипризма позволяет работать на удалении до 800 метров от электронного тахеометра. Вехи выпускаются длиной до 4,6 метров, и чаще всего изготавливаются из алюминия, различаются также по способу закрепления секций в разложенном состоянии. Веха комплектуется уровнем и как правило продается вместе с чехлом для переноски. Отражатель можно купить в мягком чехле, чехол удобен для переноски отражателя.



Лазерная рулетка – прибор, с помощью которого можно измерить расстояние, определить геометрические размеры помещения. **Лазерная рулетка** имеет размеры, соизмеримые с размером мобильного телефона. Лазерный дальномер имеет жидкокристаллический дисплей для отображения результатов измерений. Топовые модели лазерных рулеток имеют цветной высококачественный дисплей и видеокамеру для точного наведения на цель. **Лазерный дальномер (рулетка)** значительно облегчает процесс геодезических и смежных с ними видов работ, в которых очень важно точное измерение геометрических параметров и расстояний.

Самое главное преимущество лазерной рулетки перед обычной- это сокращение количества рабочих и рабочего времени, измерение труднодоступных расстояний с высокой точностью.



Тахеометр электронный — это прибор для измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов. Используется для определения координат и высот точек местности при топографической съемки местности, при разбивочных работах, выносе на местность высот и координат проектных точек.

Электронным тахеометром можно производить измерения полярных и прямоугольных координат, высотных отметок, площадей земельных участков, а также горизонтальных проложений. Тахеометры могут применяться для геодезических работ в строительстве; выносе в натуру проектных точек; развития геодезического обоснования. Современные электронные тахеометры имеют конструкцию, позволяющую работать в условиях низких температур,

повышенной влажности и запыленности. Лазерный дальномер (лазерная рулетка) современных электронных тахеометров может измерять расстояния без отражателя. Для установки прибора на нужной точке применяется оптический или лазерный центрир.

Тахеометр электронный - это по своей сути электронный теодолит с установленным внутри оптической трубы лазерным дальномером. Теодолитом можно измерять горизонтальные и вертикальные углы, тахеометр электронный позволяет измерять углы и расстояния, а затем результаты измерений записывать в память. Лазерный дальномер тахеометра способен измерять расстояния с большой точностью. Таким образом тахеометр электронный можно применять там, где раньше пользовались теодолитом и стальной рулеткой. Конечно, цена электронного тахеометра значительно больше чем у теодолита, однако вы получаете выигрыш в точности и производительности труда. Производительность труда геодезиста при переходе с теодолита на тахеометр электронный значительно увеличится. Чтобы выбрать электронный тахеометр необходимо знать что основными характеристиками электронного тахеометра являются: точность измерения углов, дальность измерения расстояний в безотражательном режиме, точность измерения расстояний, коммуникационные возможности.

Самыми востребованными на рынке геодезических приборов являются тахеометры с точностью измерения углов 5 секунд и дальномером, позволяющим измерять расстояния 200-300м без отражателя. Перед началом полевых работ следует установить геодезический прибор на нужной точке и ориентировать. Если вы проводите измерения на небольших расстояниях или внутри помещений- вы можете обойтись без реечника.

Тахеометр электронный состоит из следующих функциональных блоков: зрительная труба, блок измерения расстояний, блок измерения углов, вычислительное устройство для решения в поле типовых геодезических задач. Вычислительное устройство(процессор) позволяет прямо во время проведения полевых работ отображать необходимую геодезисту информацию на дисплее, также записывает результаты измерений в память тахеометра. Для передачи информации об отснятых точках все тахеометры снабжаются портом для подключения к компьютеру или слотом для карты памяти, на которую записывается информация во время проведения геодезических работ. Предусматривается также и загрузка координат точек из Вашего проекта в память тахеометра. Тахеометр электронный снабжен компенсатором, который представляет собой двухосевой датчик наклона. Датчик автоматически отслеживает наклон оси геодезического инструмента и вносит поправки в отсчеты. При необходимости компенсатор тахеометра можно отключить.

Тахеометр электронный поставляется в пластиковом кейсе, в котором удобно транспортировать геодезический прибор. Тахеометр электронный как правило комплектуется следующими принадлежностями: аккумуляторная батарея, зарядное устройство, кабель передачи данных на компьютер, юстировочные инструменты, инструкция по эксплуатации, программное обеспечение для передачи данных на компьютер. Для комплектования рабочего комплекта необходимо дополнительно приобрести штатив, отражатель и веху. Чтобы купить аксессуары к электронному тахеометру позвоните в нашу компанию или напишите письмо по электронной почте. Наши менеджеры помогут выбрать и купить тахеометр, также посоветуют необходимые аксессуары для геодезических приборов. Продажа тахеометров - наш конек.

Одночастотный GPS приемник Hi-Target V8200X.

Hi-Target V8200X интегрированный (антенна и приемник в одном корпусе) одночастотный GPS приемник для съемки в режиме статики. Бюджетное решение для съемки в режиме статики. Комплектуется программным обеспечением для обработки данных HDS2003. В GPS приемнике используются OEM платы фирмы NovAtel(Канада). Может применяться для развития геодезических сетей и выполнения крупномасштабной топографической съемки. Большой объем встроенной памяти позволяет вести съемку в течении 160 часов. Интуитивно понятный интерфейс позволяет управлять процессом съемки с помощью двух кнопок, а три светодиодных индикатора помогают геодезисту отслеживать количество спутников, передачу данных и контролировать заряд батарей. Корпус приемника защищен от пыли и влаги(IP67), выдерживает падение вместе с вехой с небольшой высоты. Возможна обработка результатов измерений в программе HDS2003, поставляемой в комплекте с приемником или в других программах обработки. Стандартная программа HDS2003 позволяет конвертировать данные из приемника в RINEX формат, что позволяет использовать при производстве геодезических работ данные постоянно действующих станций. Геодезический GPS приемник внесен в реестр средств измерений РФ(№41216-09).Проводится бесплатное обучение работе с GPS приемником в офисе нашей компании.

Технические характеристики

Приемник	12 каналов GPS L1
Точность в плане	±5 мм + 1 мм/км
Точность по высоте	±10 мм + 1 мм/км
Формат данных ввода/вывода	RINEX, ZHD
Интервал записи данных	1-60 секунд
Память	Внутренняя 64 Мб
Коммуникационные порты	USB/RS-232
Время работы	16 часов
Питание	два аккумулятора Li-ion 7,6В, 1400мАч; потребляемая мощность 1.36Вт
Размеры	19x10 см
Вес	0.6 кг
Рабочая температура	- 40 С° до +60 С°
Пыле- влагозащита	IP 67

Стандартный комплект приемника:GPS приемник, зарядное устройство, 3 аккумулятора Li-ion 1400мА/ч , Y кабель питание/данные, транспортировочный кейс, адаптер антенный, программное обеспечение для обработки результатов измерений HDS2003, инструкция по эксплуатации.

Hi-Target V8200X интегрированный (антенна и приемник в одном корпусе) одночастотный GPS приемник для съемки в режиме статики. Бюджетное решение для съемки в режиме статики. Комплектуется программным обеспечением для обработки данных HDS2003. В GPS

приемнике используются OEM платы фирмы NovAtel(Канада). Может применяться для развития геодезических сетей и выполнения крупномасштабной топографической съемки. Большой объем встроенной памяти позволяет вести съемку в течении 160 часов. Интуитивно понятный интерфейс позволяет управлять процессом съемки с помощью двух кнопок, а три светодиодных индикатора помогают геодезисту отслеживать количество спутников, передачу данных и контролировать заряд батарей. Корпус приемника защищен от пыли и влаги(IP67), выдерживает падение вместе с вехой с небольшой высоты. Возможна обработка результатов измерений в программе HDS2003, поставляемой в комплекте с приемником или в других программах обработки. Стандартная программа HDS2003 позволяет конвертировать данные из приемника в RINEX формат, что позволяет использовать при производстве геодезических работ данные постоянно действующих станций. Геодезический GPS приемник внесен в реестр средств измерений РФ(№41216-09).Проводится бесплатное обучение работе с GPS приемником в офисе нашей компании.

Технические характеристики

Приемник	12 каналов GPS L1
Точность в плане	±5 мм + 1 мм/км
Точность по высоте	±10 мм + 1 мм/км
Формат данных ввода/вывода	RINEX, ZHD
Интервал записи данных	1-60 секунд
Память	Внутренняя 64 Мб
Коммуникационные порты	USB/RS-232
Время работы	16 часов
Питание	два аккумулятора Li-ion 7,6В, 1400мАч; потребляемая мощность 1.36Вт
Размеры	19х10 см
Вес	0.6 кг
Рабочая температура	- 40 С° до +60 С°
Пыле- влагозащита	IP 67

Стандартный комплект приемника:GPS приемник, зарядное устройство, 3 аккумулятора Li-ion 1400мА/ч , Y кабель питание/данные, транспортировочный кейс, адаптер антенный, программное обеспечение для обработки результатов измерений HDS2003, инструкция по эксплуатации.

Одночастотный GPS приемник Hi-Target V8200X.

Тахеометр Nikon – профессиональный геодезический прибор производства объединенной компании **Nikon-Trimble Co, Ltd.** Тахеометры Nikon, благодаря высоким техническим характеристикам, надежности и высоким качеством оптики, ценятся геодезистами о всех странах мира, а в Японии компания Nikon, является официальным поставщиком измерительного оборудования для вооруженных сил, что еще раз подтверждает эффективность

геодезической измерительной техники, производимой этой компанией.

Nikon выпустил линейку новых электронных тахеометров Nikon Nivo M и C серий.

Тахеометры Nikon Nivo имеют расширенные технические и конструктивные возможности и оптимальную цену, но при этом сохранили основные достоинства предыдущих приборов Nikon. Тахеометры Nikon Nivo имеют новую конструкцию бесконечных наводящих винтов, исключающих зажимные винты, на тахеометрах Nivo серии C наряду с типовым графическим дисплеем установлен сенсорный экран и программное обеспечение ОС Windows CE и Spectra Precision Survey, что дает возможность непосредственно в поле выполнить постобработку.

Помимо указанных последних разработок, компания предлагает электронные тахеометры Nikon классических популярных серий, - **Тахеометры Nikon NPR 302, 502, 602** серий и Тахеометры **Nikon NPL 502 и 602**, с возможностью безотражательных измерений расстояния до 300 метров, а так же **Тахеометры Nikon DTM**-отражательной серии, которые при весьма высоких функциональных параметрах имеют очень приемлемую цену.

Все тахеометры Nikon, отличаются надежностью, малым весом, энергоемкими батареями, позволяющими выполнять работы в течение 15 часов, опционально комплектуются двухсторонней буквенно-цифровой клавиатурой, поддерживают функцию «быстрые коды». оснащаются программным обеспечением, позволяющим выполнять большинство инженерно-геодезических задач даже в условиях низких температур до -30С (тахеометры Nikon W),

В целом следует отметить, что современный **электронный тахеометр Nikon**, сочетая в себе японскую оптику , немецкие наводящие винты , и американское программное обеспечение , легко интегрируется в различные геодезические системы с приборами и программным обеспечением **Trimble и Spectra**. Пользователь любого уровня подготовки, для решения от простых до самых сложных задач, в линейке электронных **тахеометров Nikon** найдет для себя достойное предложение **по оптимальной цене**, получив при этом **надежное геодезическое оборудование** достойного производителя.

Высокоточный нивелир типа Н-05

Изучение устройства высокоточного нивелира Н-05. Оптический микрометр с плоскопараллельной пластинкой

Цели и задачи: знакомство с устройством высокоточного нивелира, с основными неисправностями прибора и способами их устранения. Изучение результатов исследования основных параметров оптического микрометра: цены деления на всей длине шкалы, диапазона работы люфтов в механизме, наклоняющем плоскопараллельную пластинку.

Нивелирование первого и второго классов выполняют с помощью штриховых инварных реек с ценой деления 5 мм. Штрихи, как правило, нанесены на металлической ленте, выполненной из инвара (сплава, практически не чувствительного к изменениям температуры). В настоящее время выпускают как нивелиры с контактным уровнем при зрительной трубе (например, Изюмский завод с 1979 г. выпускал нивелиры Н -05 с ценой деления уровня =10"), так и нивелиры с компенсатором (например, завод "Карл Цейс" в Йене выпускал нивелир Ni-002, в котором в качестве компенсатора было использовано качающееся зеркало, завод гарантировал при изготовлении значение угла i не более 3").

Приборы и принадлежности: нивелир Н-05 (или Н-2) и компарированная реечка с миллиметровыми делениями.

Содержание и порядок выполнения работы

Точность отсчитывания по рейке повышают за счет использования зрительных труб с увеличением порядка $(40 - 45)^x$, а также применения оптического микрометра. В качестве поднижнего оптического элемента микрометра наибольшее распространение в нивелирах получила плоскопараллельная пластинка (ППП), расположенная перед объективом (нивелир

НА-2 с насадкой перед объективом), или за объективом (нивелиры НБ-2, НБ-3 и НБ-4, где ППП установлена между объективом и фокусирующей линзой).

Принципиальная схема тангенциального механизма микрометра с ППП перед объективом приведена на рисунке 1.

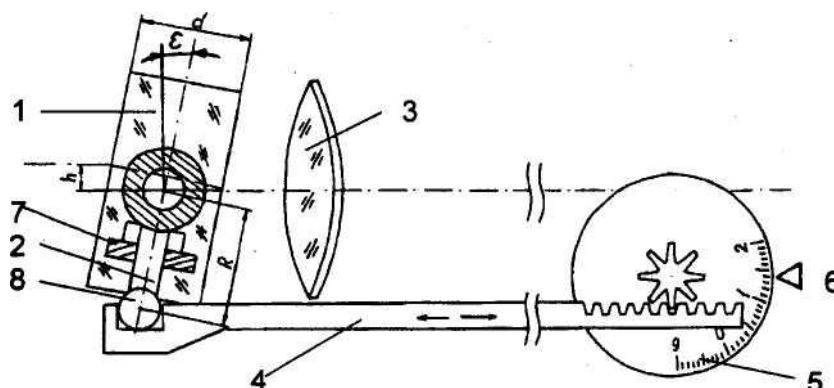


Рисунок 1 – Принципиальная схема тангенциального механизма микрометра:

1 — плоскопараллельная пластинка (ППП); 2 - винт регулировки цены деления барабанчика оптического микрометра; 3 - объектив; 4 - штанга; 5 - шкала барабанчика; 6 - индекс;

7 - контргайка; 8 - шаровая опора регулировочного винта; d - толщина ППП; R – радиус вращения; ε - угол наклона ППП

Тангенциальный механизм передачи вращения ППП в нивелире Н-05 изображен на рисунке 2. На рисунке 3 показано поле зрения нивелира. Порядок расчета оптического микрометра с ППП подробно рассмотрен в учебнике.

Для практических расчетов значения смещения луча плоскопараллельной пластинкой при малых углах падения ε ($\pm 15^\circ$) достаточную точность обеспечивает формула, предложенная Г. Вильдом:

$$h = d(n-1)\operatorname{tg}\varepsilon/n \quad (1)$$

Так как угол ε мал, то формулу (1) записывают в виде:

$$h = d\varepsilon (n-1)/n\rho \quad (2)$$

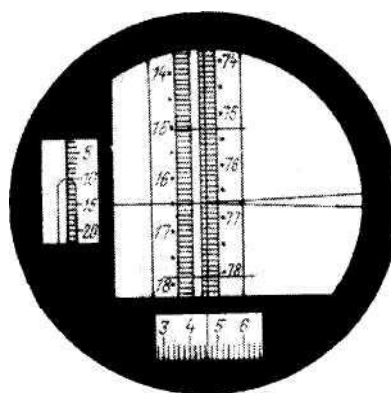
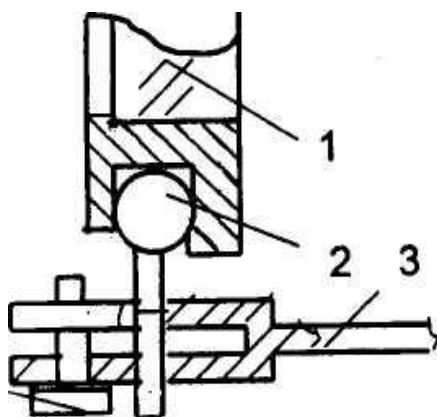


Рисунок 2– Схема тангенциального механизма нивелира Н-05:

1- ППП; 2 – юстировочный винт;

Рисунок 3– Поле зрения нивелира Н-05

3 – штанга-толкатель; 4 – закрепительный винт.

Из формулы (2) видно, что при расположении ППП перпендикулярно падающему лучу ($\varepsilon = 0^\circ$) смещение h отсутствует. Цена деления барабанчика отсчетного микрометра равна 0,05 мм, ее регулировку осуществляют изменением длины юстировочного винта с шаровой опорой 2 (рисунок –2).

Доступ к юстировочному винту осуществляется после снятия крышки под зрительной трубой. При регулировке сначала ослабить винт 4, после чего отверткой завинтить или вывинтить, юстировочный винт 2 и снова закрепить винт 4. Количество штрихов на барабанчике должно обеспечивать измерения в пределах цены деления рейки. Конструктивно шкала барабанчика и отсчетный индекс могут быть проецированы, как у нивелира Н-05, в поле зрения зрительной трубы (рисунок 3).

Порядок исправления установки сетки нитей нивелира Н-05 относительно отвесной линии: снять крышку со стороны окуляра, вывинтив три стопорных винта; снять окуляр, предварительно вывинтив три крепежных винта; ослабить правый и левый винты на оправе сетки нитей на целый оборот, средний винт примерно на четверть оборота; повернуть оправу сетки нитей; надеть окуляр и проверить по отвесу положение верх шкального штриха сетки; закрепить сначала средний, а затем правый и левый винты; закрепить на тубусе зрительной трубы окулярное устройство; закрепить окулярную крышку винтами.

При неплавном вращении верхней части нивелира Н-05 необходимо в первую очередь проверить смазку вертикальной оси вращения. Для этого необходимо выполнить следующие действия: вывинтить два винта крепления вкладыша, расположенного под установочным уровнем; вывинтить до упора наводящий винт; отжать гильзу возвратной пружины и, слегка поворачивая верхнюю часть нивелира, снять ее с вертикальной оси; протереть ось и втулку салфеткой и нанести на ось 5 – 6 капель масла; надеть на ось верхнюю часть, при этом следить за тем, чтобы гильза возвратной пружины попала в углубление на хомутике; ввинтить наводящий винт, при этом шпилька наводящего винта должна попасть в углубление на водильце хомутика; закрепить винтами вкладыш.

Ранее выпускавшиеся нивелиры НБ-2 (ППП расположена внутри трубы) и НА-1 (ППП в виде насадки) имеют ряд одинаковых узлов (например, вертикальную и горизонтальную системы осей и одну оптическую схему контактных уровней (рисунок 4). На рисунке 5 приведена оптическая схема нивелира Ni-2.

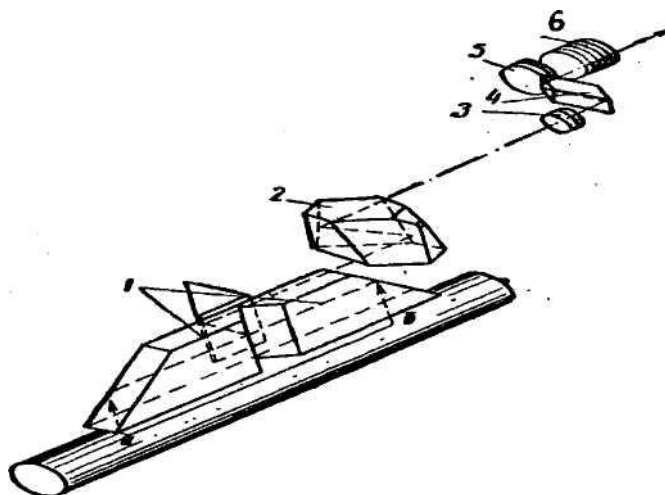


Рисунок 4 – Оптическая схема контактного уровня нивелира НБ-2:

1 – блок призм-сфеноидов; 2 –ризма; 3 -- микрообъектив;

4 – ромб-призма; 5 – сетка нитей; 6 – окуляр

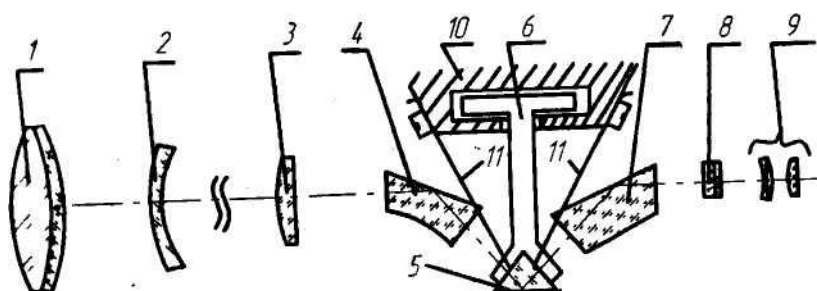


Рисунок 5 – Оптическая схема нивелира Ni-2 (фирмы "Carl Zeiss"):

1 – объектив; 2 – отрицательный мениск; 3 – фокусирующая линза;
4 и 7 – призмы; 5 – призма-компенсатор; 6 – балансир; 8 – сетка нитей;
9 – окуляр; 10 – корпус зрительной трубы; 11 – бериллиевые нити

При использовании нивелира Н-05 необходимо придерживаться следующего порядка работы на станции: отгоризонтировать нивелир по круглому уровню, вращая головку элевационного винта, совместить изображения концов пузырька цилиндрического уровня (рисунок 5), вращая барабанчик микрометра, навести биссектор на ближайший штрих рейки и отсчитать по ней (отсчет А), отсчитать по барабанчику (отсчет В), вычислить полный отсчет как (А + В - 50).

Исследование оптического микрометра с ППП в лабораторных условиях выполняют в следующем порядке: примерно в 10 метрах от прибора на его высоте установить компарированную реечку с миллиметровыми делениями, установить отсчет по барабанчику, близкий к нулю, выполнить измерения при наведении на 5- 6 штрихов реечки в прямом (вращать барабанчик оптического микрометра по ходу часовой стрелки (на ввинчивание)) и обратном (вращать барабанчик против хода часовой стрелки (на вывинчивание) ходе, отсчитывая по шкале микрометра с погрешностью не более 0,1 деления барабанчика, перед отсчитыванием необходимо совмещать концы пузырька контактного уровня. Результаты измерений заносят в таблицу, при этом колонку 4 заполняют снизу.

Если пропущен нужный штрих, то барабанчик возвращать назад, а затем выполнять совмещение изображения штриха в выполнении исследований в учебных целях можно принять значение цены деления реечки $a = 1,000$ мм по всей ее длине.

Таблица 1

Исследование оптического микрометра

№ при-ема	№ штри-ха рейки	Отчет по шкале микрометра			ЛЮФТ (мх) $V_{пр}-V_{обр}$	Интервалы между штрихами рейки		Цена деления τ_i , мм
		Прямой ход $V_{пр}$ дел	Обрат-ный ход $V_{обр}$ дел	$V_{ср} = V_{пр} + V_{обр} / 2$		По результ. Компар (а) мм	В дел. шкалы микром. $V_{i+1} - V_i$ дел	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	139	2,5	2,4	2,45	+0,1	1,000	17,9	0,056
	138	20,4	21,0	20,7	-0,6	1,000	19,7	0,051
	137	40,1	40,6	40,35	+0,5	1,000	21,9	0,046
	136	62,0	61,6	61,8	+0,4	1,000	19,6	0,051
	135	81,6	81,4	81,5	+0,2	1,000	18,9	0,053
	134	100,5	101,2	100,85	-0,7			

$$m_{\tau 1} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta)^2}{4}} = 0,006$$

$$\Delta = \tau_i - \tau_{ср}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= 0,056-0,051=0,005 \\ \Delta &= 0,051-0,051=0 \\ \Delta &= 0,046-0,051=-0,005 \\ \Delta &= 0,051-0,051=0 \\ \Delta &= 0,053-0,051=0,002\end{aligned}$$

Качество работы передаточного механизма, наклоняющего ППП, оценивают по разностям отсчетов по шкале из прямого и обратного ходов, исходя из условия:

$$\Sigma (a_{\text{пр}} - a_{\text{обр}})/n = \Sigma (a_{\text{пр}} - a_{\text{обр}})/5 = 0,02 \text{ дел} \leq 1,0 \text{ дел} \quad (3)$$

где n - количество наблюдаемых штрихов на реечке.

При выполнении условия (3) считают, что люфт механизма, наклоняющего ППП, отсутствует, и тогда при измерениях барабанчик можно вращать в любую сторону.

Цену деления шкалы микрометра τ_i на i -м интервале вычисляют как:

$$\tau_i = a_{\text{ком}} / B_{i+1} - B_i \quad (4)$$

Цену деления $\tau_{\text{ср}}$ из одного приема вычисляют как:

$$\tau_{\text{ср}} = \Sigma \tau_{\text{ср}} / (n-1) = 0,014 + 0,013 + 0,012 + 0,013 + 0,013 = 0,065 \quad (5)$$

При выполнении работы необходимо провести 2 - 3 приема, в производственных условиях согласно инструкции выполняют $N = 6$ приемам, затем результаты измерений из шести приемов усредняют, за окончательное значение цены деления принимают:

$$\tau_0 = \Sigma \tau_{\text{ср}} / N = 0,009 + 0,0085 + 0,007 + 0,0085 + 0,009 = 0,042 \quad (6)$$

Оценку точности результатов исследования τ_0 выполняют по следующим формулам:

$$m_{\tau_k} = \sqrt{\frac{\Sigma_k \Sigma_i (\tau_i - \tau_0)^2}{N(n-1) - 1}}; \quad (7)$$

$$m_{\tau_0} = \frac{m_{\tau_k}}{\sqrt{N(n-1)}}. \quad (8)$$

Кроме того, должны выполняться условия:

$$\begin{aligned}|\tau_i - \tau_0| &\leq 0,0025 \text{ мм} & 0,023 &\leq 0,025 \text{ мм} \\ |\tau_0 - 0,05| &\leq 0,0003 \text{ мм} & -0,008 &\leq 0,0003\end{aligned} \quad (9)$$

Диапазон работы оптического микрометра вычисляют по формуле

$$D = 100\tau_0 \text{ (мм)} = 4,2 \text{ мм} \quad (10)$$

В полевых условиях цену деления барабанчика исследуем на различных расстояниях до рейки и при разной температуре.

Поверку **главного условия нивелира Н-05** выполняют аналогично поверкам нивелира Н-3. Однако при несоблюдении главного условия его исправляют вращением клиновидного защитного стекла, находящегося перед объективом зрительной трубы, предварительно ослабив стопорный винт.

Результаты работы:

В результате проведенных исследований нивелира Н-05 № получены следующие результаты:

1) цена деления барабанчика оптического микрометра нивелира = $(0,046 \pm 0,0056)$ мм,

2) диапазон работы $D = 4,2$ мм,

3) люфт передаточного механизма равен 0,016 мм, т.е. условие выполняется.

В целом прибор требует ремонта (необходимо увеличить цену деления барабанчика).

Контрольные вопросы по теме 5:

1. Типы оптических микрометров с ППП, применяемых в геодезических приборах, их устройство и назначение.

2. Смещение луча плоскопараллельной пластинкой (формулы смещения луча).

3. Цена деления шкалы оптического микрометра и методика ее исследования.

4. Методика исследования механизма, наклоняющего ППП.

5. Методика поверки и исправления главного условия и положения сетки нитей нивелира Н-05.

6. Методика проверки плавности вращения оси нивелира

Список литературы

1. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. М.: Академический проект, 2008.
2. Кусов В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки. М., Издательский центр «Академия», 2009.
3. Кузнецов П.Н. Геодезия. Часть 1. М.: Картгеоцентр, 2002.
4. Киселев М.И. Основы геодезии. М., Высшая школа, 2001.
5. Левитская Т.И. Основы геодезии. Учебное пособие. Екатеринбург. Изд – во УрГУ, 1999.
6. Практикум по инженерной геодезии. Под ред. профессора, д-ра тех. наук В.Е.Новака, М.: Недра, 1987. 334 с.
7. Левитская Т.И. Топографическая карта как основа геоинформатики. Методические указания к лабораторным работам для студентов 1 курса физического факультета специальностей «Астрономия», «Астрономогеодезия», «Информационные системы в технике и технологиях (геоинформационные системы)». Екатеринбург: Изд.-во УрГУ, 2002. 38 с.
8. Левитская Т.И. Назначение, устройство и поверки геодезических инструментов. Методические указания для студентов астрономо-геодезической специальности. Екатеринбург: Изд.-во УрГУ, 2008. 47 с.
9. Левитская Т.И. Геодезическая практика. Методические указания для студентов астрономо-геодезической специальности. Екатеринбург: Изд.-во УрГУ, 1990. 40 с.
10. Скогорева Р.Н. Геодезия с основами геоинформатики. М.: Высшая школа, 1999. 205 с.
11. Козина Г.П. Методические указания к геодезической практике для студентов горного и геологоразведочного факультетов. Екатеринбург: Изд.-во УГИ, 1992. 44 с.
12. Инструкции по нивелированию I,II,III и IV классов. М.: Недра, 1990. 167 с.
13. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М.: Недра, 1982.
14. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.: Недра, 1989. 286 с.
15. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000. М.: Недра, 1977. 143с.

Список литературы (дополнительной литературы)

1. Муравьев А.В., Гойдышев Б.И. Инженерная геодезия. М.: Недра, 1982.
2. Федоров В.И., Шилов П.И. Инженерная геодезия. М.: Недра, 1982.
2. Левитская Т.И., Карманова Т.В. Спутниковые методы в геодезии. Учебное пособие. Екатеринбург. Изд – во Ур – го ун – та, 2001.
3. Инженерная геодезия. Под редакцией проф. Д.Ш. Михелева. М., Высшая школа, 2000.
4. Южанинов В.С. Картография с основами топографии. М., Высшая школа, 2001.
5. Кулешов Д.А., Стрельников Г.Е., Рязанцев Г.Е. Инженерная геодезия. М., Картгеоцентр – Геоиздат, 1996.
6. Селиханович В. Г., Козлов В. П., Логинова Г. П. Практикум по геодезии. М.: Недра, 1978.
7. Захаров А.И. Новые теодолиты и оптические дальномеры. М.: Недра, 1978. с. 5-88.
8. Справочник геодезиста (в двух книгах). М.: Недра, 1975. 1056 с., 544 с.
9. Судаков С. Г. Основные геодезические сети. М.: Недра, 1975.
10. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей СССР. М.: Недра, 1991.

Гиршберг М.А. Геодезия. М.: Недра, 1967, с. 26-68.

Господинов Г.В., Сорокин В.Н. Топография. М.: Изд.-во МГУ, 1967. 327 с.

Программное обеспечение

1. Системные программные продукты – редакторы текстов, электронные таблицы, программы работы в сети Интернет.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

2. Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
4. SCIRUS, <http://www.scirus.com/?PTS/>

Учебно-материальное обеспечение

1. Аудитории для проведения лекционных и практических занятий.
2. Компьютерные классы УКЦ «Диск»: 54 компьютера Core 2 Duo 3 ГГц / ОЗУ 4 Гб / жесткий диск 320 Гб объединенные в сеть;
3. Знакомство с основным оборудованием и компьютерной техникой Уральского регионального производственного центра геоинформации «Уралгеоинформ» и «Уралаэрогеодезия»;
4. Теодолиты: 2Т30 — 6 шт., 2Т5К — 7 шт., 2Т2 — 1 шт., 2Т2А — 3 шт., 2Т2П — 3 шт., 3Т2КП — 3 шт., 3Т2КПА — 8 шт., 3Т5КП — 2 шт., 4Т30П — 15 шт., нивелиры: Н-05 — 6 шт., 3Н5Л — 8 шт., НЗ-К — 3 шт., НС-3 — 1 шт., SAL20ND — 10 шт., SAL32ND — 3 шт., Sprinter 50 — 4 шт., буссоли: БС-2 — 3 шт., БГ-1 — 2 шт., БШ-1 — 2 шт., кипрегель КН — 3 шт., GPS приемники Garmin — 3 шт., тахеометры: Sokkia SET 550RX — 1 шт., Leica TS02 power — 1 шт., Nikon Nivo 2М — 1 шт., дальномеры: Disto D5 — 2 шт., Disto D3a — 3 шт.

Приложение А

Перечень вопросов к зачету (1 семестр)

1. Основные задачи лабораторного практикума по геодезии. Основные направления и перспективы развития геодезического приборостроения. Назначение геодезических инструментов. Основные требования к современным геодезическим инструментам.
2. Оптические теодолиты. Типы теодолитов, основные параметры и технические требования. Классификация теодолитов. Электронные теодолиты.
3. Устройство оптических теодолитов (ТЗ0, 2ТЗ0, 4ТЗ0). Шкалы горизонтального и вертикального кругов, принцип снятия отсчетов. Точность измерения горизонтальных и вертикальных углов. Уровни. Виды уровней. Компенсаторы углов наклона. Устройство электронного теодолита. Основные характеристики.
4. Поверки и юстировки оптических теодолитов. Поверка перпендикулярности оси уровня при алидаде горизонтального круга к оси вращения теодолита.
5. Поверка перпендикулярности нитей сетки нитей зрительной трубы.
6. Поверка перпендикулярности визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси вращения (определение коллимационной погрешности).
7. Поверка перпендикулярности оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси вращения теодолита.
8. Определение и исправление места нуля (МО) вертикального круга.
9. Нивелирование. Основные виды нивелирования. Геометрическое и геодезическое нивелирование. Геометрическое нивелирование с помощью инструмента с горизонтальным лучом визирования. Способы геометрического нивелирования. Точность геометрического нивелирования.
10. Нивелиры и рейки. Типы нивелиров, основные параметры и технические требования. Классификация нивелиров. Нивелиры с уровнем при зрительной трубе (Н-З). Нивелирные рейки (РН-З). Устройство точного нивелира Н-З. Устройство цифрового нивелира. Цифровой нивелир. Устройство. Технические характеристики.
11. Поверки нивелира Н-З. Поверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня к оси вращения инструмента.
12. Поверка параллельности оси круглого уровня к оси вращения нивелира.
13. Поверка вертикальной и горизонтальной нитей сетки нитей.
14. Поверка параллельности визирной оси зрительной трубы к оси цилиндрического уровня.
15. Электронные тахеометры. Устройство. Технические характеристики. Тахеометрическая съемка.
16. Дальномеры. Определение расстояний при помощи дальномера.
17. Способы геодезических измерений. Измерение вертикальных и горизонтальных углов оптическим теодолитом.
18. Методика измерений горизонтальных углов. Измерение углов способом совмещения нулей лимба и алидады (способ «от нуля»). Измерение углов способом приёмов.
19. Измерение углов способом круговых приёмов.
20. Методика измерений вертикальных углов. Вычисление углов наклона.
21. Определение превышений и отметок точек местности. Определение превышений способами «вперёд» и «из середины (геометрическое нивелирование)». Контроль измерений.
22. Определение превышений одной точки местности над другой. Определение отметок точек местности.
23. План и карта. Назначение топографических карт разных масштабов и предъявляемые к ним требования. Системы координат: прямоугольная, географическая. Рамочное оформление листов топографической карты.
24. Определение номенклатуры листов топографических карт разных масштабов: 1:100000,

1:200000, 1:500000.

25. Условные знаки. Классификация условных знаков. Масштабные, немасштабные, линейные, пояснительные условные знаки. Немасштабные условные знаки для изображения элементов рельефа.
26. Измерение длин линий по карте с использованием численного, линейного и поперечного масштабов.
27. Основные формы рельефа. Методы изображения рельефа на планах и картах. Горизонтали. Свойства горизонталей. Определение отметок точек местности с помощью горизонталей. Масштаб заложений. Определение крутизны ската с помощью масштаба заложений.
28. Ориентирование по карте. Ориентирующие направления. Ориентирующие углы. Склонение и сближение меридианов. Зависимость между ориентирующими углами. Суммарная поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов. Ориентирование топографической карты.
29. Топографическое дешифрирование аэрофотоснимков. Продольное и поперечное перекрытие аэрофотоснимков. Методы и приемы топографического дешифрирования при изучении карт разных масштабов.
30. Определение прямоугольных и географических координат точки, заданной на топографической карте.
31. Построение вертикального профиля местности по заданному направлению между точками по топографической карте.
32. Определение прямоугольных координат вершин замкнутого теодолитного хода. Увязка приращений координат.