

Министерство просвещения Республики Башкортостан
ГБПОУ Октябрьский многопрофильный профессиональный колледж

Утверждено
на заседании МС
Протокол № 1
от 29. 08. 2025 г.

Рассмотрено
на заседании ПЦК
профессионального цикла
Протокол № 1 от 29. 08.2025 г
Председатель ПЦК _____ Г.Ф.Ямаева

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ МОДУЛЮ

ПМ 01. ПОДГОТОВКА, ПЛАНИРОВАНИЕ И ВЫПОЛНЕНИЕ
ПОЛЕВЫХ И КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ

ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
21.02.19 ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Разработала преподаватель: Мансурова Р.Ф.

СОДЕРЖАНИЕ

Наименование	Стр.
1.Пояснительная записка	4
2.Практические работы	6

1. Пояснительная записка

Методические рекомендации для выполнения практических работ по **ПМ.01 Подготовка, планирование и выполнение полевых и камеральных работ по инженерно-геодезическим изысканиям** составлены в соответствии с требованиями ФГОС для обучающихся по специальности 21.02.19 Землеустройство.

Практические задания направлены на подтверждение теоретических знаний, формирование учебных, профессиональных и практических умений, они составляют важную часть теоретической и профессионально-практической подготовки и способствуют формированию общих и профессиональных компетенций. В результате освоения обучающиеся **должны:**

уметь:

- Выполнять полевые геодезические работы;
- Использовать современные технологии определения местоположения на основе спутниковой навигации, а также методы электронных измерений геодезических сетей;
- Выполнять фотограмметрические работы и дешифрирование аэрофотоснимков и космофотоснимков;
- Производить крупномасштабные топографические съемки для создания изыскательских планов, в том числе съемку подземных коммуникаций;
- Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

знать:

- Нормативные правовые акты, распорядительные и нормативные материалы по производству топографо-геодезических и картографических работ;
- Устройство и принципы работы геодезических приборов и систем;
- Методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений;
- Техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ;
- Современные технологии определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации;
- Методы электронных измерений элементов геодезических сетей;
- Метрологические требования к содержанию и эксплуатации топографо-геодезического оборудования;
- Алгоритмы математической обработки результатов полевых геодезических измерений с использованием современных компьютерных программ;
- Технологии фотограмметрических работ и дешифрирования при создании инженерно-топографических планов;
- Система фондов хранения сведений об объектах инженерных изысканий;
- порядок обращения и получения сведений;
- Установленный порядок сдачи отчетных материалов выполненных инженерно-геодезических изысканий в ответственные организации;
- Требования охраны труда;

Формирование соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

- ПК1.1. Выполнять полевые геодезические работы на производственном участке.
- ПК1.2. Выполнять топографические съемки различных масштабов.
- ПК1.3. Выполнять графические работы по составлению картографических материалов.
- ПК1.4. Выполнять кадастровые съемки и кадастровые работы по формированию земельных участков.

- ПК1.5. Выполнять дешифрирование аэро-и космических снимков для получения информации об объектах недвижимости.
- ПК1.6. Применять аппаратно-программные средства для расчетов и составления топографических, межевых планов.

Каждая работа оценивается по пятибалльной системе:

оценка«5»,если работа выполнена на 90-100%

оценка«4»выставляется, если работа выполнена на 70-89% оценка«3»выставляется, если работа выполнена на50-69%

оценка«2»выставляется, если работа выполнена меньше, чем на50%

Подготовка к практическим занятиям заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной рабочей программой.

Выполнение заданий производится индивидуально в часы, предусмотренные расписанием занятий в соответствии с методическими рекомендациями к практическим работам.

Практическая работа считается выполненной, если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке.

2. Практические работы

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема «Изучение конструкции, правил закладки и оформления основных типов центров государственной геодезической сети и геодезических сетей специального назначения в зависимости от характеристик грунта»

Цель: изучить нормативные документы

Задание 1. Государственная геодезическая сеть (ГГС)

Государственная геодезическая сеть (ГГС) – система закрепленных на местности пунктов, положение которых определено в единой системе координат и высот.

ГГС предназначена для решения следующих основных задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение:

- установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;
- геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;
- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной

и техногенной сред;

- изучение поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Геодезические высоты пунктов ГГС определяют как сумму нормальной высоты и высоты квазигеоида над отсчетным эллипсоидом или непосредственно методами космической геодезии, или путем привязки к пунктам с известными геоцентрическими координатами. Нормальные высоты пунктов ГГС определяются в Балтийской системе высот 1977 года, исходным началом которой является нуль Кронштадтского футштока. Карты высот квазигеоида над общим земным эллипсоидом и референц-эллипсоидом Красовского на территории Российской Федерации издаются Федеральной службой геодезии и картографии России Топографической службой ВСРФ. Масштаб ГГС задается Единым государственным эталоном времени-частоты- длин.

Астрономические широты и долготы, астрономические и геодезические азимуты, определяемые по наблюдениям звезд, приводятся к системе фундаментального звездного каталога, к системе среднего полюса и к системе астрономических долгот, принятых на эпоху уравнивания ГГС.

Метрологическое обеспечение геодезических работ осуществляется в соответствии с требованиями государственной системы обеспечения единства измерений.

Все геодезические сети можно разделить последующим признакам:

По территориальному признаку:

- 1) глобальная
- 2) национальные (ГГС)
- 3) сети специального назначения (ГССН)
- 4) съемочные сети

по геометрической сущности:

- 1) плановые
- 2) высотные
- 3) пространственные

Глобальные сети создаются на всю поверхность Земли спутниковыми методами, являясь пространственными с началом координат в центре масс Земли и определяемые в системе координат ПЗ-90.

Национальные сети делятся на: Государственную геодезическую сеть (ГГС) с определением координат в СК-95 в проекции Гаусса-Крюгера на плоскости и на Государственную нивелирную сеть (ГНС) с определением нормальных высот в Балтийской системе, т.е. от нуля Кронштадтского футштока.

Геодезические сети специального назначения (ГССН) создаются в тех случаях, когда дальнейшее сгущение пунктов ГГС экономически нецелесообразно или когда требуется особо высокая точность геодезической сети. В зависимости от назначения эти сети могут быть плановыми, высотными, планово-высотными и даже пространственными и создаваться в любой системе координат.

Съемочные сети являются обоснованием для выполнения топо съемок и создаются обычно планово-высотными.

ГГС, созданная по состоянию на 1995 год, объединяет в одно целое: астрономо-геодезические пункты космической геодезической сети (АГПКГС), доплеровскую геодезическую сеть (ДГС), астрономо-геодезическую сеть (АГС) 1 и 2 классов, геодезические сети сгущения (ГСС) 3 и 4 классов,

Пункты указанных построений совмещены или имеют между собой надежные геодезические связи.

ГГС структурно формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности: фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС), высокоточную геодезическую сеть (ВГС), спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1)

В указанную систему построений вписываются также существующие сети триангуляции и полигонометрии 1-4 классов. На основе новых высокоточных пунктов спутниковой сети создаются постоянно действующие дифференциальные станции с целью обеспечения возможностей определения координат потребителями в режиме близком к реальному времени.

Задание 2. Изучить плотность размещения пунктов ГГС

По мере развития сетей ФАГС, ВГС и СГС-1 выполняется уравнивание ГГС и уточняются параметры взаимного ориентирования геоцентрической системы координат и системы геодезических координат СК-95.

Плотность размещения пунктов ГГС следующая:

масштаб 1 пункт на: сред. расст. 1:25000 50-60 км 7-8 км

1:1000 50-60 км 27-8 км

1:5000 20-30 км 25-6 км

1:2000 5-15 км 22-4 км

Ошибка длины: $m_s = 0.25m_M$,

Где m – графическая ошибка длины на карте, M – знаменатель масштаба.

Высоты всех пунктов ГГС определены в основном тригонометрическим нивелированием по сторонам сети от пунктов, принятых за опорные, которые определены геометрическим нивелированием и расположены не реже чем 3 стороны полигонометрии или 75 км в сети триангуляции.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: «Схемы построения геодезических сетей специального назначения»

Цель: научиться создавать качественное геодезическое обеспечение работ по проведению земельного кадастра, мониторинга, планирования и осуществления строительства, а также других научных и хозяйственных работ.

Задание 1. Составить проект на построение геодезической сети специального назначения

Алгоритм работы:

- 1) Выяснить требования инструкций к геодезическому обоснованию при выполнении работ указанного типа (плотность пунктов, точность координат в плане и по высоте, система координат, типы центров и знаков). Выяснить требования к безопасности выполнения работ указанного типа.
- 2) Определить геодезическую изученность района работ. Ознакомиться с результатами обследования геодезических пунктов и нивелирных знаков. Нанести пункты на схему в масштабе 1:или 1:50000.
- 3) Наметить и обосновать места закладки геодезических пунктов, дать им названия, идентификаторы, выбрать тип центров. Составить схему рабочего проекта спутниковой геодезической сети в масштабе 1:или 1:50000. На схеме указать положение исходного пункта геодезической сети (ИП), пунктов СГС-1, ВГС, ФАГС (если имеются). Показать запроектированные базовые линии.
- 4) Выбрать аппаратуру для съемки и обосновать технологию наблюдений, точность и способ определения координат начальной точки сети в системе WGS-84, продолжительность сеансов, метод спутниковых определений (статика, быстрая статика, реокупация), способы контроля полевых измерений.
- 5) Составить программу спутниковых измерений на пунктах геодезической сети в зависимости от количества спутниковых приемников.
- 6) Построить диаграмму препятствий и выполнить планирование сеансов наблюдений на пунктах спутниковой геодезической сети в соответствии с составленной программой спутниковых измерений.
- 7) С учетом результатов планирования составить график спутниковых измерений на пунктах спутниковой геодезической сети.
- 8) Подготовить пояснительную записку к первой части проекта.

Задание 2. Обработать и провести анализ результатов спутниковых измерений

Алгоритм работы:

- 1) Получить файлы измерений геодезической сети, ознакомиться с замечаниями к ним (выписками из полевых журналов).
- 2) Создать проект, ввести данные измерений в проект, провести входной контроль и корректировку данных.
- 3) Обработать базовые линии, добиваясь разрешения целочисленных неоднозначностей фазовых отсчетов и максимально высокой точности результатов решений, составить сводку результатов обработки базовых линий.
- 4) Произвести контроль измерений, получив невязки в замкнутых контурах (если они имеются), оценить их допустимость. Рассчитать СКО наблюдений в плане и по высоте.
- 5) Выполнить свободное (минимально ограниченное) уравнивание сети в системе WGS-84. Оценить состоятельность уравнивания, принять меры к устранению грубых измерений (отбраковать ошибочные данные, заменить данные, исключить плановую или высотную составляющие, снизить уровень точности).
- 6) Выполнить несвободное уравнивание в системе СК-42 с фиксированием координат 3-4 точек.

- 7) Сравнить характеристики точности сети при минимально ограниченном и несвободном уравнивании. Оценить расхождения уравненных координат на контрольных точках.
- 8) Составить каталог координат.
- 9) Определить параметры согласования локальной спутниковой геодезической сети с местной системой координат (выполнить “калибровку”).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема «Устройство теодолита VEGA TEO 20»

Задание 1. Изучить устройство теодолита VEGA TEO 20

Методические указания

Электронные теодолиты TEO20 имеют надежную систему отсчета горизонтальных и вертикальных углов, а также гарантирует стабильность и точность результатов. Значения горизонтального угла можно устанавливать на ноль на исходное направление и фиксирование отсчета по горизонтальному кругу. Они имеют LCD дисплеи и 6-кнопочную клавиатуру на каждой стороне. Предусмотрена подсветка для работы при недостаточной освещенности.

Техническая характеристика

Средняя квадратическая погрешность измерения углов одним приемом не более 20" □ □
Изображение прямое
Наименьшее расстояние визирования 1,3 м.
Диапазон измерения углов от 0 до + 360°
Температурный диапазон работы 20...+50°
Увеличение зрительной трубы 30^x
Продолжительность непрерывной работы: батарейки 6 часов
аккумулятор 15 часов
Коэффициент дальномера 100[±]0,5
Цена деления уровня: установочного круглого 8'
цилиндрического 30"
Масса 4,4 кг

Общий вид теодолита VEGA TEO 20 показан на рисунке 1.

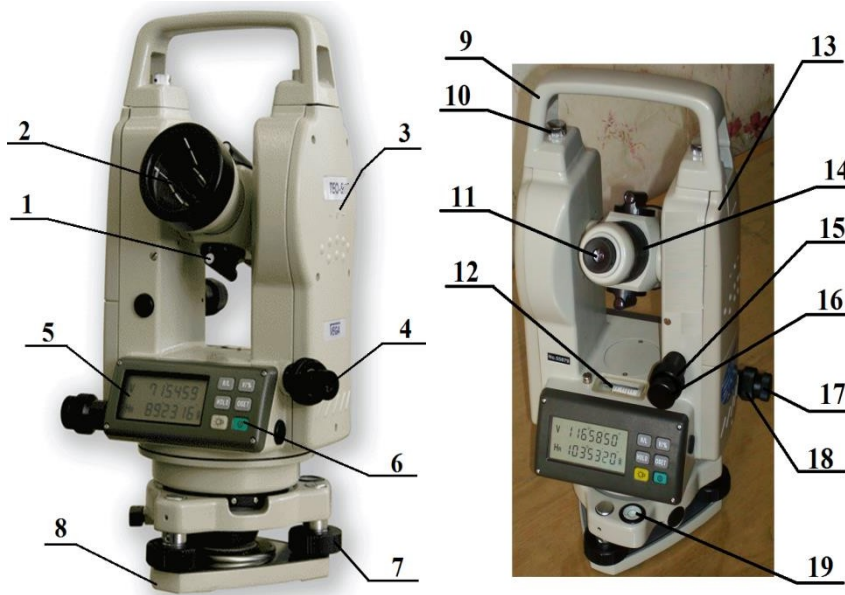


Рис.1-Общий вид теодолита VEGA TEO20

- 1- визир (центрир);
- 2- объектив;
- 3- метка высоты инструмента;
- 4- оптический центрир;
- 5- дисплей;
- 6- функциональные клавиши;
- 7- подъёмные винты;
- 8- основание;
- 9- ручка теодолита;
- 10- винт ручки теодолита;
- 11- окуляр;
- 12- цилиндрический уровень;
- 13- отделение для батареи;
- 14- фокусирующее кольцо;
- 15- закрепительный винт вертикального круга;
- 16- наводящий винт вертикального круга;
- 17- наводящий винт горизонтального круга;
- 18- закрепительный винт горизонтального круга;
- 19- круглый уровень

Функциональные клавиши, дисплей



— включение, выключение теодолита;

R/L — установка направления отсчёта горизонтального круга (изменение направления измерения горизонтального угла по часовой стрелке на направление измерения против часовой стрелки, направление меняется при каждом нажатии клавиши);

OSET—обнуление отсчёта горизонтального круга;



— Подсветка дисплея и сетки нитей;

V%—переход от градусов к уклону в % для вертикального угла;

HOLD — удержание текущего значения отсчёта горизонтального угла. (Когда нажата эта клавиша, отсчёт горизонтального угла мигает. Теодолит можно повернуть без изменения отсчёта горизонтального угла. Повторное нажатие клавиши разблокирует отсчёт горизонтального угла.)

Результаты измерений горизонтальных и вертикальных углов высвечиваются на дисплее (рис.2)

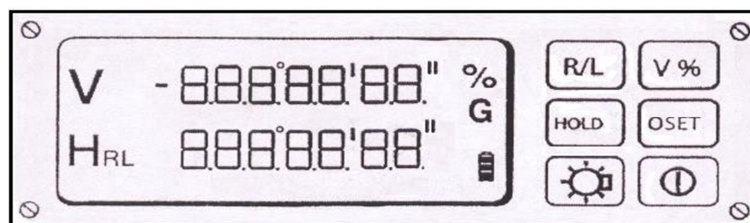


Рис.2-Дисплей теодолита VEGATEO20

HR – символ горизонтального угла, измеренного по часовой стрелке;

HL – символ горизонтального угла, измеренного против часовой стрелки;

V – символ вертикального угла (вертикальные углы могут быть измерены в градусах, в гонах, в %);



– символ, указывающий уровень заряда батареи

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема «Поверки и юстировка электронного теодолита ТЕО-20. Измерение горизонтальных и вертикальных углов»

Цель: Приобрести ПК для работы с электронным оборудованием

Задание 1. Изучить поверки и порядок юстировки теодолита ТЕО-20

Методические указания

Поверки и юстировки теодолита необходимо проводить в определённом порядке:

1 Поверка и юстировка цилиндрического уровня (производится также, как у теодолита 4Т30П).

2 Поверка и юстировка круглого уровня (производится также, как у нивелира Н-3, см. пункт).

3 Поверка и юстировка оптического визира (производится так же, как у теодолита 4Т30П).

4 Установка места нуля вертикального круга:

а) нажать клавишу V% и удерживать её, пока нажимаете клавишу питания. На дисплее теодолита появится режим установки места нуля вертикального круга;

б) повернуть зрительную трубу. На дисплее появится «STEP-1»;

в) навести зрительную трубу на цель, расположенную близко к горизонту на расстоянии примерно 100м. Нажать клавишу «V%», данные для первой точки будут сохранены. На дисплее появится «STEP-2»;

г) перевернуть зрительную трубу и снова визировать на начальную точку. Нажать клавишу «V%», данные для второй точки будут сохранены. Место нуля вертикального круга будет установлено. Инструмент подаст звуковой сигнал и вернётся в режим обычных измерений.

Задание 3. Изучить коды возможных ошибок работы ТЕО-20

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема «Выполнение программы измерения на пункте горизонтальных направлений точным оптическим теодолитом способом круговых приемов с записью и вычислениями в полевом журнале».

Цель Научиться выполнять измерения с контролем

Способ круговых приемов используется при измерении горизонтальных углов (направлений) когда на пункте (точке стояния прибора) направлений более 2-х

Порядок работы на станции:

1. Прибор устанавливается в рабочее положение (центрирование, горизонтирование)
2. Работа начинается с КЛ
3. Выбирается начальное направление (ЦЕНТР– ст. _____)
4. На ГК (на начальное направление) устанавливается «Отсчет близкий к нулю от 1' до 3'»
5. Измерения ведутся при КЛ по ходу часовой стрелки. Записи при КЛ в журнале ведутся сверху вниз
6. Работа при КЛ заканчивается на начальном направлении (на ГК д.б. отсчет $0^{\circ}01'-03'$, т.е. который был первоначально установлен, допускается откл. $\pm 1'-2'$)
7. ЗТ переводится через зенит, т.е. переход к КП!
8. Измерения при КП выполняются против часовой стрелки от начального направления. Записи при КП заносятся в журнал снизу вверх!
9. На каждый пункт измерения получают при КЛ и КП, разница между ними должна быть $180^{\circ}(2с)$.
10. В процессе измерений сразу считается двойная коллимационная погрешность (2с) и заносится в г.4. Допускается 1-2 минуты. Это полевой контроль!
11. Горизонтальные направления (гр.5) вычисляются по гр.3, т.е. среднее значение. Градусы записываются с КЛ. Формула: $a = (I + II) / 2$.
12. Для вычисления гр.6 на начальное направление (начало и окончание измерений) всегда записывается $0^{\circ}00'00''$
13. Для оставшихся направлений в гр. 6 вычисляется среднее приведенное направление (b): для этого сумма горизонтальных направлений начального направления (гр.5) делится пополам:

$$b = (0^{\circ}02'40'' + 0^{\circ}02'14'') = 0^{\circ}02'27''$$

Результат записывается в гр.6 над начальным направлением!

14. Вычислить приведенные направления (n) в гр.6 для других пунктов по формуле:

$$n = \text{Гр.5} - b$$

На других пунктах центральной системы действия аналогичные. За начальное направление всегда выбирается левая крайний пункт!

Журнал измерения гориз. Направлений способом круговых приемов

Схема центральной системы

Точка стояния прибора	Пункт наблюдения	Отсчет по ГК	2с(коллим. погреш.)	Горизонтально енаправление (Л+П)/2	Приведенное направление
1	2	3	4	5	6
					□

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема «Выполнение программы измерения на пункте горизонтальных направлений точным оптическим теодолитом способом круговых приемов с записью и вычислениями в полевом журнале».

Цель Научиться выполнять измерения с контролем

Способ круговых приемов используется при измерении горизонтальных углов (направлений) когда на пункте (точке стояния прибора) **направлений более 2-х**

Порядок работы на станции:

1. Прибор устанавливается в рабочее положение (центрирование, горизонтирование)
2. Работа начинается с КЛ
3. Выбирается начальное направление (ЦЕНТР– ст. _____)
4. На ГК (на начальное направление) устанавливается «Отсчет близкий к нулю от 1' до 3'»
5. Измерения ведутся при КЛ по ходу часовой стрелки. Записи при КЛ в журнале ведутся сверху вниз
6. Работа при КЛ заканчивается на начальном направлении (на ГК д.б. отсчет $0^{\circ}01'-03'$, т.е. который был первоначально установлен, допускается откл. $\pm 1'-2'$)
7. ЗТ переводится через зенит, т.е. переход к КП!
8. Измерения при КП выполняются против часовой стрелки от начального направления. Записи при КП заносятся в журнал снизу вверх!
9. На каждый пункт измерения получают при КЛ и КП, разница между ними должна быть $180^{\circ}(2с)$.
10. В процессе измерений сразу считается двойная коллимационная погрешность (2с) и заносится в г. 4. Допускается 1-2 минуты. Это полевой контроль!
11. Горизонтальные направления (гр.5) вычисляются по гр. 3., т.е. среднее значение. Градусы записываются с КЛ. Формула: $a = (I + II) / 2$.
12. Для вычисления гр.6 на начальное направление (начало и окончание измерений) **всегда записывается $0^{\circ}00'00''$**
13. Для оставшихся направлений в гр. 6 **вычисляется среднее приведенное направление (b): для этого сумма горизонтальных направлений начального направления (гр.5) делится пополам:**

$$b = (0^{\circ}02'40'' + 0^{\circ}02'14'') = \underline{0^{\circ}02'27''}$$

Результат записывается в гр.6 над начальным направлением!

14. Вычислить приведенные направления (n) в гр.6 для других пунктов по формуле:

$$n = \text{Гр.5} - b$$

На других пунктах центральной системы действия аналогичные. За начальное направление всегда выбирается левая крайний пункт!

Журнал измерения гориз. Направлений способом круговых приемов

Схема центральной системы

Точка стояния прибора	Пункт наблюдения	Отсчет по ГК	2с(коллим. погреш.)	Горизонтально енаправление (Л+П)/2	Приведенное направление
1	2	3	4	5	6
					□

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема «Изучение устройства и работы высокоточного нивелира типа Н-05 и штриховых инварных реек типа РН-05: органы управления, регулировка, визирование на рейку, взятие отсчетов по рейке и оптическому микрометру».

Цель: Научиться работать с прибором

Задание1. Тригонометрическим нивелированием определить вертикальный отрезок на стене.

- 1) Изучить устройство нивелира, приведение нивелира в рабочее положение по круглому уровню, наведение трубы на рейку и взятие отсчета по рейке.
- 2) Освоить методику геометрического нивелирования. По заданной отметке репера определить отметки передней и промежуточной точек способом из середины. Работа выполняется по заданному преподавателем варианту.
- 3) Освоить основные определения и методику тригонометрического нивелирования. Отметку точки, полученную геометрическим нивелированием, повторно определить тригонометрическим нивелированием. Отметка точки пола, над которой установлен теодолит, задается преподавателем.
- 4) Тригонометрическим нивелированием определить вертикальный отрезок на стене.

Приборы и принадлежности: нивелир Н-05, нивелирные рейки, теодолит, микрокалькулятор, журналы геометрического и тригонометрического нивелирования.

Задание2. Изучить устройство нивелира

- 1) Освоить взаимодействие подъемных винтов и круглого уровня, элевационного винта и цилиндрического уровня, зажимного и наводящего винтов трубы, фокусирующей линзы и диоптрийного кольца.
- 2) Подъемными винтами привести ось вращения прибора в отвесное положение по круглому уровню.
- 3) Установить сетку нитей по глазу (как при работе с теодолитом).
- 4) Навести визир трубы на любую рейку. Закрепить трубу зажимным винтом, отфокусировать ее. Наводящим винтом навести вертикальную нить сетки на середину рейки. Элевационным винтом привести пузырек цилиндрического уровня на середину, в поле зрения трубы совместить концы пузырька уровня. Взять отсчеты по черной и красной сторонам рейки
- 5) Контроль отсчетов по разностям нулей красной и черной сторон рейки. Разность нулей может быть либо 4683, либо 4783 мм (для реек, установленных в лаборатории). Отклонение от номинальной разности не более 5 мм.

Правильность наведения на рейку, контакта концов пузырька цилиндрического уровня, взятие отсчетов проверить преподавателю.



а – черная сторона рейки;

б – красная сторона рейки

Отсчет = 0886 Отсчет = 5705

Задание3. Геометрическое нивелирование

- 1) Подготовить журнал геометрического нивелирования
- 2) Установить нивелир на стационарный столик, подъемными винтами привести пузырек круглого уровня на середину.

Порядок измерений.

- 1) Навести трубу на заднюю рейку, по черной стороне взять отсчет и записать в журнал, (1).
- 2) Навести трубу на переднюю рейку, взять отсчет по черной стороне, (2).
- 3) Взять отсчет по красной стороне передней рейки, (3).
- 4) Навести трубу на заднюю рейку и взять отсчет по красной стороне, (4).
- 5) Навести трубу на промежуточную рейку и взять отсчет по черной стороне, (5).

Помнить! Перед каждым отсчетом элевационным винтом тщательно совмещать концы пузырька уровня, видимые в поле зрения трубы.

- 6) Контроль по разностям нулей красных и черных сторон реек, (6), (7). Отклонения от номинальных значений (4683 или 4783 мм) ≤ 5 мм.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

Тема «Измерение превышений на станциях II класса с записью и вычислениями в полевом журнале».

Цель: приобретение практических навыков при работе с нивелирами, умения выполнять измерения на станции определять превышения между точками и отметки точек.

Задание 1. Измерять превышения линии

Последовательность выполнения задания:

Способы геометрического нивелирования. Порядок работы с нивелиром на станции. Вычисление превышений и отметок точек.

Приборы и принадлежности: нивелиры и нивелирные рейки.

1. Способы геометрического нивелирования

Различают два способа геометрического нивелирования: вперед из середины (рис. 1).

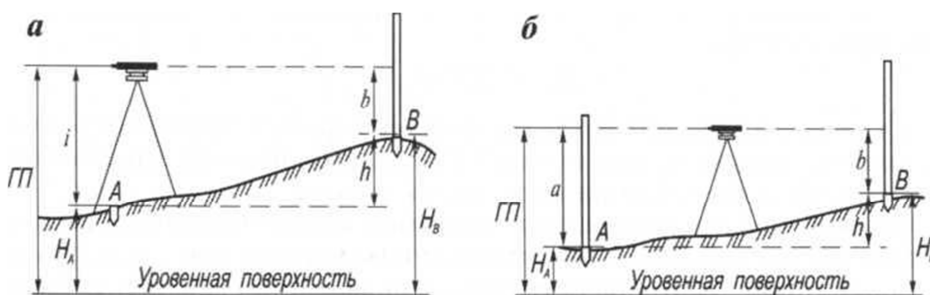


Рис.1.Способы геометрического нивелирования: а —вперед: б—из середины

А/Нивелирование вперед.

Нивелир устанавливают над точкой А (рис. 42, а), отметка которой H_A известна. В точке В отвесно устанавливают рейку. С помощью рулетки или рейки измеряют высоту нивелира i , т. е. отвесное расстояние от центра объектива до точки А, над которой установлен нивелир. Приводят визирную ось нивелира в горизонтальное положение и делают отсчет b по рейке.

Превышение точки В над точкой А

$$h = i - b, \quad (49)$$

т.е. при нивелировании вперед превышение равно высоте прибора минус отсчет по рейке. Тогда высота точки В

$$H_B = H_A + h = H_A + i - b. \quad (50)$$

Величина $H_A + i = ГП$ представляет собой высоту визирного луча над уровенной поверхностью и называется горизонтом прибора.

Отсюда

$$H_B = ГП - b, \quad (51)$$

т.е. высота точки равна горизонту прибора минус отсчет по рейке, установленной в этой точке.

Б/Нивелирование из середины.

Нивелир устанавливают на равных расстояниях между точками А и В, в которых отвесно поставлены рейки (рис. 42, б). Приводят визирную ось нивелира в горизонтальное положение и, последовательно визируя на рейки, берут отсчеты: по задней рейке — a , по передней — b .

Превышение точки В над точкой А будет

$$h = a - b, \quad (52)$$

т.е. при нивелировании из середины превышение равно отсчету по задней рейке минус отсчет по передней рейке (взгляд назад минус взгляд вперед). Высота точки В

$$H_B = H_A + h = H_A + a - b. \quad (53)$$

Величина $H_A + a = H_B + b = ГП$, т.е. представляет собой горизонт прибора. Отсюда

$$H_B = H_A - b$$

Определение высот точек с помощью горизонта прибора удобно выполнять, когда с одной станции (точки стояния нивелира) можно взять отсчеты по рейке на нескольких точках.

Способ нивелирования из середины имеет заметные преимущества по сравнению с нивелированием вперед, так как в 2 раза повышает производительность труда и позволяет исключить влияние ряда факторов на точность определения превышений (влияние кривизны Земли и рефракции, несоблюдение главного геометрического условия, предъявляемого к нивелирам).

В/Порядок работы с нивелиром на станции.

Вычисление превышений и отметок точек

При выполнении задания каждый студент должен определить превышения между точками двумя способами (нивелированием вперед и из середины) с использованием нивелиров Н-3 и 2Н-10КЛ.

Место установки нивелиров, положение реечных точек и отметка начальной точки задаются преподавателем.

Нивелирование вперед.

Нивелир закрепляют на штативе (консоли) станковым винтом и приводят в рабочее положение. Наблюдая за пузырьком круглого уровня, вращением подъемных винтов выводят пузырек уровня в нуль - пункт, т. е. приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Выполняют установку зрительной трубы по глазу наблюдателя, для чего вращением диоптрийного кольца добиваются четкого изображения сетки нитей. Измеряют высоту нивелира, т.е. отвесное расстояние от точки стояния нивелира до центра объектива (см. рис.

42, а). Ослабив закрепительный винт (у нивелира Н-3), поворотом верхней части нивелира от руки наводят зрительную трубу на рейку. С помощью кремальеры выполняют фокусирование трубы по рейке и вращением наводящего винта совмещают вертикальную нить сетки с осевой линией рейки (см. рис. 39; лаб. № 6). Вращением элевационного винта совмещают изображения концов пузырька контактного уровня, видимые в поле зрения трубы (см. рис. 39, б лаб. № 6), и берут отсчет по рейке по среднему горизонтальному штриху. При работе нивелиром с компенсатором (2Н-10КЛ) отсчет берут сразу же после визирования на рейку.

Отсчет по рейке берется в миллиметрах. Отсчет должен содержать четыре значащие цифры; если отсчет меньше 1000 мм, то первый значащей цифрой записывают нуль (например, 0487).

По формулам (49)–(51) вычисляют превышение и отметку точки.

Пример: Отметка точки А: $H_A = 164,251$ м; высота прибора $i = 1534$ мм; отсчет по рейке

$$b = 1782 \text{ мм.}$$

Требуется определить отметку точки.

Решение: Превышение $h = i - b = 1534 - 1782 = -248$ мм = -0,248 м; Отметка точки

$$B: H_B = H_A + h = 164,251 + (-0,248) = 164,003 \text{ м;}$$

$$\text{Горизонт прибора: } H_{\text{П}} = H_A + i = 164,251 + 1,534 = 165,785 \text{ м; Отметка точки } B: H_B$$

$$= H_{\text{П}} - b = 165,785 - 1,782 = 164,003 \text{ м.}$$

Нивелирование из середины.

Нивелир устанавливают на равных расстояниях от связующих точек А и В в створе или вне створа нивелируемой линии. На точках А и В отвесно устанавливают двухсторонние рейки (см. рис. 1, б) с разностью пятков 4687. Нивелир приводят в рабочее положение. Последовательно визируют на заднюю (точка А) и переднюю (точка В) связующие точки и берут отсчеты по среднему штриху по черным сторонам реек (ач, бч).

Результаты наблюдений заносят в соответствующие графы журнала

Рейки поворачивают красной стороной к наблюдателю; наблюдатель, визируя сначала на переднюю, а затем на заднюю рейки, берет отсчеты соответственно вкр, акр.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

Тема «Обработка журнала продольного нивелирования II класса»

Цель: Научиться обрабатывать полевой журнал нивелирования трассы с контролем

Задание 1 Выписать в полевой журнал отсчеты по черной стороне рейки на реперы, пикетные и плюсовые (промежуточные) точки.

Задание 2 Вычислить превышения на каждой линии

$$\pm h = 3 - \Pi$$

Задание 3 Вычислить сумму превышений практическую, теоретическую, высотную невязку, допустимую высотную невязку

$$\pm \sum h_{\text{пр.}} = \pm h_{\text{измер.}} (\text{с учетом знака!}) \quad \pm \sum h_{\text{теор.}} = H_{\text{Rp16}} - H_{\text{Rp15}} \quad \pm f_h = \sum h_{\text{пр.}} - \sum h_{\text{теор.}}$$

$$\Delta h = 50 \sqrt{L_{\text{км}}} \quad L = 600 \text{ м}$$

Высотную невязку походу перевести в «ММ» !!!

Задание 4 Внести поправки в каждую линию хода с обратным знаком невязке с контролем, вычислить увязанные превышения с контролем

$$\pm v_h = \pm f_h \quad \pm \sum h_{\text{испр.}} = \pm \sum h_{\text{теор.}}$$

Задание 4 Вычислить отметки пикетных точек с контролем (в конце вычислений получить отметку Rp 16.

$$H_{\text{ПК0}} = H_{\text{Rp15}} \pm h_{\text{испр. Rp15-ПК0}} \quad \text{ит.д.} \quad \text{Контроль:} \quad H_{\text{Rp16}} = H_{\text{ПК5}} \pm h_{\text{ПК5-Rp16}}$$

Задание 7 Вычислить ГИ (горизонт инструмента) между ПК 0 и ПК1 через отметки пикетов и отсчет по черной стороне на пикеты 0 и 1, средний горизонт инструмента (ГИ)

$$GI_{\text{ПК0}} = H_{\text{ПК0}} + O_{\text{чПК0}} \quad GI_{\text{ПК1}} = H_{\text{ПК1}} + O_{\text{чПК1}} \quad O_{\text{ч}} - \text{отсчет по черной стороне на ПК0 и ПК1}$$

$$GI_{\text{ср.}} = (GI_{\text{ПК0}} + GI_{\text{ПК1}}) / 2$$

Задание 8 Вычислить отметки плюсовых (характерных) точек трассы

Пример: $H_{\text{ПК0}+78} = GI_{\text{ср.ст.№2}} - O_{\text{чПК0}+78}$ — отсчет по черной стороне на характерную точку (возвышенность между ПК0 и ПК1 на расстоянии 78 м от ПК0 в сторону ПК1)

Отчет: Обработанный журнал. Вывод по выполненной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10

Тема «Знакомство с конструкцией и методикой измерений навигационных приемников»

Задание 1. Описать историю навигационных приборов и методов вплоть до систем глобального позиционирования:

Задание 2. Изучить алгоритм ориентирования по звездам

Метод 1. Как найти Полярную звезду (Северное полушарие)

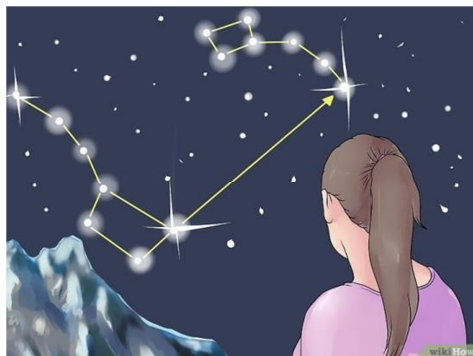
Алгоритм как ориентироваться по звездам

До того как появилась система GPS и даже прежде чем придумали компас, основным способом определить направление на суше или на море было ориентирование по звездам. Хотя современные технологии облегчили человеку нахождение нужного направления, научиться ориентироваться по звездам все равно интересно. Научившись находить несколько звезд и созвездий, вы сможете определять север, юг, восток и запад, или вы просто можете выбрать звезду и следить за ее движением.



1. Найдите Полярную звезду. Полярная звезда — самая яркая звезда в созвездии Малой Медведицы. Ее можно найти в хвосте Медведицы. (Древние греки, как и многие другие народы, считали, что у медведей длинные хвосты.) Звезда называется Полярной, потому что она появляется в пределах одного градуса от звездного северного полюса, и поэтому кажется, что она недвижима на ночном небе.

В наше время, из-за того, что семь звезд Малой Медведицы выглядят как маленький ковш, некоторые люди называют созвездие Малой Медведицы Малым Ковшом.



2. Воспользуйтесь звездами-указателями, которые помогут вам найти Полярную звезду. Хотя Полярная звезда хорошо видна в северной части неба к северу от экватора, ее может быть сложно заметить, особенно если вы точно не знаете, что искать. Вы можете найти ее с помощью звезд в других созвездиях, служащих указателями к Полярной звезде.

Чаще всего используются звезды-указатели Мерак и Дубхе, две звезды по краям Большого Ковша (Большой Медведицы), на противоположной стороне от его ручки. Следуя этим звездам в направлении горла Большого Ковша, вы сможете найти Полярную звезду.

В ночное время, когда Большая Медведица находится ниже линии горизонта, например в начале ночи осенью, вы можете найти Полярную звезду, начертив линию через звезды в восточной части Большого Квадрата Пегаса — Альгениб и Альферац (являющиеся на самом деле частью галактики Андромеда) и звезду Каф на правой стороне W-образного созвездия Кассиопеи.[3]

Полярная звезда — одна из 58 звезд, используемых в навигации по звездам авиаторами и мореплавателями во всем мире.[13] В некоторых версиях списка Полярная звезда отсутствует, поскольку благодаря ее практически фиксированному положению можно найти широту без необходимости знать положение какой-либо другой звезды.[14]

· *Большой Ковш* (кстати, в Англии его называют «Плуг» или «Телега Чарльза»), является частью созвездия Большая Медведица. Его можно использовать для нахождения не только Полярной, но и других звезд. Если провести линию вдоль звезд-указателей Мераки Дубхе Малую Медведицу, то она приведет к яркой звезде Регулу в созвездии Льва. Проведя дугу от звезд на ручке ковша, вы найдете

Некоторые ошибочно считают, что Полярная звезда является самой яркой на небе. На самом деле она всего лишь на 48-м месте по яркости среди известных нам звезд. Самая яркая звезда — это Сириус в созвездии Большого Пса.

Предупреждения

Инструкции по нахождению направления с использованием опорных звезд постепенно устареет в связи с прецессией земной оси, которая меняет положение, в котором находится северный и южный полюса Земли. Это приведет к тому, что некоторые звезды переместятся ближе к Небесному северному или южному полюсу. Полярная звезда будет Северной лишь еще несколько сотен лет, так как Полярная звезда движется в направлении созвездия Цефей.[16] Инструкции по нахождению вашего направления по изменению положения звезды будут работать и с течением времени, пока Земля продолжает вращаться с запада на восток.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА

4.1 Части роботизированного тахеометра (паспорт прибора).

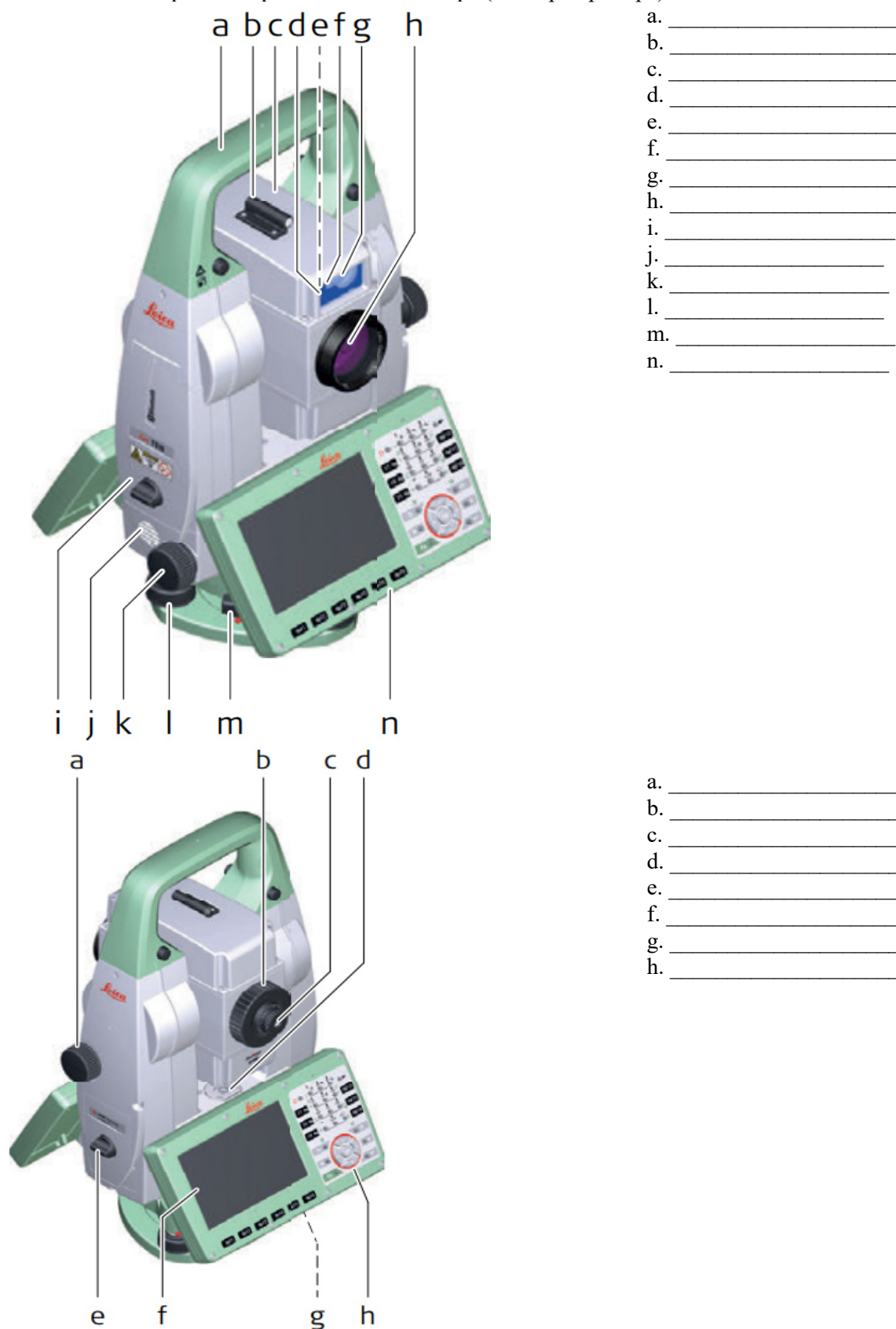


Рис 29 Внешний вид тахеометра

1. Панель управления.

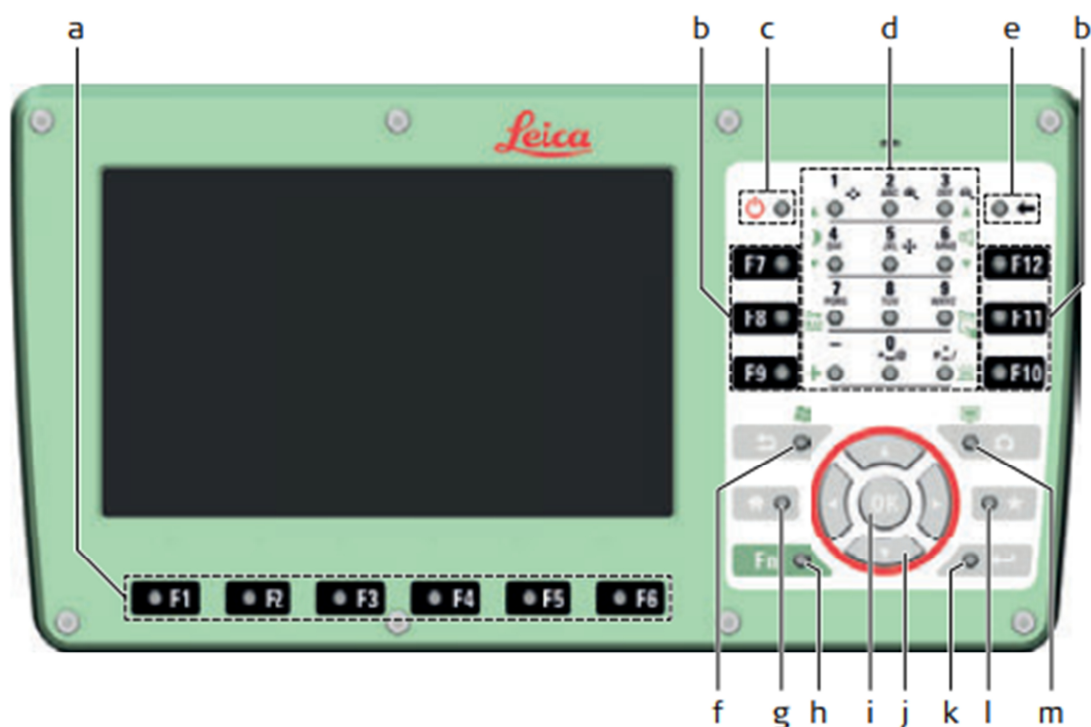


Рис. 30 панель управления

Таблица 1
Клавиши панели управления.

Клавиша	Буквенное обозначение	Описание
Функциональные клавиши F1-F6		
Функциональные клавиши F7-F12		
Алфавитно-цифровые клавиши		
Камера		
Выход (ESC)		
Fn		
Ввод		
Вкл/Выкл		
Избранное		
На главную		
Клавиши навигации		
OK		

Таблица 2
Комбинации клавиш панели управления.

Комбинация клавиш	Описание
-------------------	----------

 + 	
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	

Таблица 3
Принцип работы клавиатурой и сенсорным дисплеем.

Действие	Описание
Выбор объекта на дисплее	
Запуск режима редактирования в полях ввода	
Выделение раздела или его части для редактирования	
Подтверждение введения данных и выход из режима редактирования	
Открытие контекстного меню	

Задание к практической работе № 11: Подпишите части тахеометра в таблице 4.1. Укажите части тахеометра и составные части панели управления на тахеометре в ответ на вопросы преподавателя.

Практическая работа №12

Уравнивание полигонометрии

Цель работы: изучить методику математической обработки полигонометрии.

1. Изучить уравнивание полигонометрии коррелятным способом.

Уравнивание полигонометрии

Строгое уравнивание полигонометрического хода, опирающегося на пункты с исходными координатами и направлениями, сводится к составлению трех условных уравнений и к решению трех нормальных уравнений. В ходе, показанном на рис. 1, составляются:

-условное уравнение дирекционных углов;

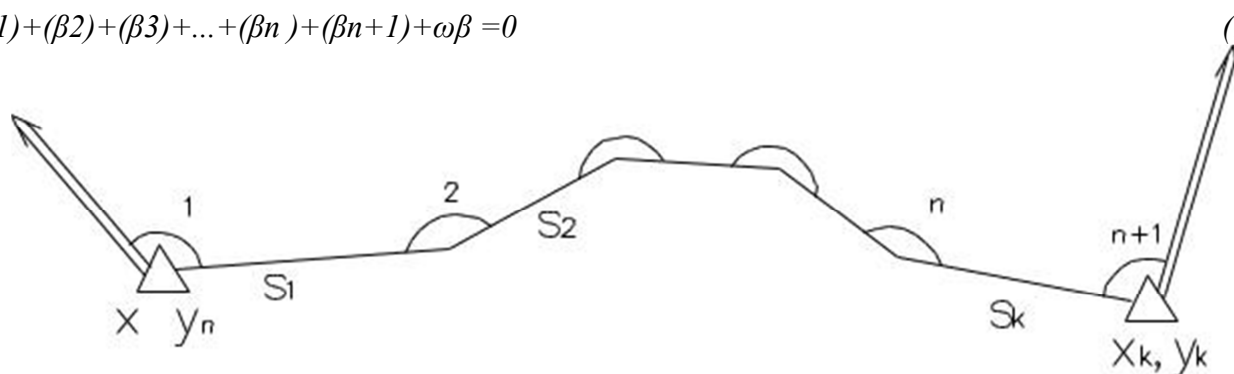
-условное уравнение абсцисс;

-условное уравнение ординат.

Обозначая поправки углов (β) и считая углы левыми по ходу, ус

ловное уравнение углов запишем в виде

$$(\beta_1) + (\beta_2) + (\beta_3) + \dots + (\beta_n) + (\beta_{n+1}) + \omega\beta = 0 \quad (1.1)$$



2

или

$n+1$

$$\sum_{i=1}^{n+1} (\beta_i) + \omega\beta = 0 .$$

Свободный член уравнения вычисляется по формуле

$n+1$

$$\omega\beta = \alpha_n + \sum_{i=1}^n \beta_i + k180^\circ - \alpha_2 .$$

Условное уравнение абсцисс будет иметь вид

$$(\Delta x_1) + (\Delta x_2) + \dots + (\Delta x_n) + \omega x = 0 ,$$

в котором свободный член

n

$$\omega x = \sum_{i=1}^n \Delta x + x_n - x_k .$$

Условное уравнение ординат будет иметь вид

$$(\Delta y_1) + (\Delta y_2) + \dots + (\Delta y_n) + \omega y = 0 ,$$

свободный член

n

$$\omega y = \sum_{i=1}^n \Delta y + y_n - y_k .$$

В условных уравнениях (1.2) и (1.3) необходимо поправки приращений координат выразить через непосредственно измеренные

углы и стороны хода и их поправки, принимая во внимание следующие соотношения:

$$\Delta x = s \cos \alpha,$$

$$\Delta y = s \sin \alpha,$$

$$(\Delta x_i) = (s_i) \cos \alpha_i - \rho l \Delta y(\alpha_i),$$

$$(\Delta y_i) = (s_i) \sin \alpha_i + \rho l \Delta x(\alpha_i),$$

$$(\alpha_1) = (\beta_1),$$

$$(\alpha_2) = (\beta_1) + (\beta_2),$$

$$(\alpha_3) = (\beta_1) + (\beta_2) + (\beta_3),$$

$$\dots\dots\dots$$

$$(\alpha_n) = (\beta_1) + (\beta_2) + (\beta_3) + \dots + (\beta_n).$$

(Условные уравнения (1.1), (1.5) и (1.6) составлены применительно к обозначениям рис.1).

В той же форме эти условные уравнения пишутся при уравнивании свободных и несвободных полигонометрических ходов любой конструкции (пересекающихся ходов с образованием узловых пунктов, полигонов, комбинаций ходов и полигонов). В замкнутых ходах (полигонах) свободные члены вычисляют по следующим формулам:

При составлении нормальных уравнений принимают веса углов и сторон. Обычно принимают вес углов равным единице, а вес сторон

$$m_2$$

$$p_s = m\beta^2, \quad (1.10)$$

$$s$$

где $m\beta$ и m_s - средние квадратические ошибки углов и сторон. В вычисления вводят величину

$$q = \frac{1}{p_s} = \frac{m_s^2}{m\beta^2}. \quad (1.11)$$

Для составления нормальных уравнений предварительно составляется таблица коэффициентов условных уравнений. Общий вид формы записи коэффициентов условных уравнений дан в табл.1

Таблица 1

Коэффициенты условных уравнений

Измеренные величины	Виды условий		
	дирекционных углов(α)	абсцисс (x)	ординат (y)
β			

S			
Σ			

Используя табл.1, определяют коэффициенты нормальных уравнений [aa], [ав], [cc],[ав],[ас],[вс]. Нормальные уравнения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} [aa]k_1 + [ав]k_2 + [ас]k_3 + \omega\beta &= 0, \\ [ав]k_1 + [вв]k_2 + [вс]k_3 + \omega\chi &= 0, \\ [ас]k_1 + [вс]k_2 + [cc]k_3 + \omega\psi &= 0. \end{aligned} \quad (1.12)$$

Из решения системы уравнений (1.12) определяют коррелаты, а затем поправки в измеренные величины. Величины поправок в общем виде равны

$$\begin{aligned} (\beta)_i &= a_{ik}k_1 + v_{ik}k_2 + c_{ik}k_3, \\ (S)_i &= a_{ik}k_1 + v_{ik}k_2 + c_{ik}k_3. \end{aligned} \quad (1.13)$$

Поправки приращений координат можно вычислить по уравненным дирекционным углам и уравненным длинам сторон, но их удобнее вычислить по дифференциальным формулам

$$\begin{aligned} (\Delta x)_i &= (s)_i \cos \alpha_i - \frac{1}{\rho} \Delta y_i (\alpha_i), \\ (\Delta y)_i &= (s)_i \sin \alpha_i + \frac{1}{\rho} \Delta x_i (\alpha_i). \end{aligned} \quad (1.14)$$

2. Выполнить уравнивание хода полигонометрии согласно заданному варианту. Исходные данные приведены в [1]. Уравнивание производится на ПЭВМ. Программа уравнивания введена в компьютер. Обращение к программе “Вариант А” или “Вариант В” согласно варианту. Исходные данные, необходимые для вычисления согласно заданному варианту, вводятся студентом самостоятельно, они выделены красным цветом. Исходными данными являются:

- начальный дирекционный угол;
- конечный дирекционный угол;
- координаты X и Y начального пункта
- координаты X и Y конечного пункта.

Ввиду большого объема вычислений приведены лишь основные фрагменты (табл. 2 –5)

Таблица
Пример А 2

N	Измеренные углы	Дирекционные углы	Горизонтальные проложения
		<u>135,0000000</u>	
1	280,3558333	235,3558333	579,021
2	127,5138889	182,8697222	413,845
3	204,9686111	207,8383333	380,63
4	179,0027778	206,8411111	559,528
5	116,6463889	143,4875000	568,010
6	201,9986111	165,4861111	385,000
7	121,4913889	106,9775000	380,411
8	291,0138889	217,9913889	
		<u>37,9913889</u>	

37 5929.0

37 5950 Конечный дирекционный угол

Wd=-21.0

Таблица 3

Вычисление координат

Приращения		Координаты	
Δx	Δy	X	Y
		<u>22340,000</u>	<u>52168,000</u>
-329,161	-476,359	22010,839	51691,640
-413,326	-20,719	21597,513	51670,921
-336,579	-177,746	21260,934	51493,175
-499,246	-252,639	20761,688	51240,538
-456,525	337,965	20305,163	51578,503
-372,713	96,487	19932,450	51674,990
-111,079	363,832	19821,371	52038,822
		<u>19820,932</u>	<u>52038,73</u>
		0,439	0,091

Таблица 4

Нормальные уравнения

7	-0,00062627	-0,012210656	-21
	4,56716848	0,333394159	0,429
		2,432868661	0,091

Таблица 5

Решение нормальных уравнений

aa	ab	ac	W	S
7	-0,000626	-0,012211	-21	-14,0128369
-1	8,9467E-05	0,0017444	3,000000	2,001834
	4,567168477	0,333394159	0,429	5,32956264
	4,567168421	0,333393067	0,4271212	5,32830895
	-1	-0,0729978	-0,09352	-1,166655
		2,432868661	0,091	
		2,408510414	0,0231891	
<u>2,99997</u>	<u>-00,0928171</u>	<u>-1</u>	<u>-0,00963</u>	
k1	k2		k3	

Таблица 6

Вычисление поправок для варианта В

Vb	vs	Vdx	vdy
0.11	0.009	-0.008	0.004
0.11	-0.020	0.010	-0.018
0.11	0.005	-0.004	0.003
0.11	-0.035	0.006	-0.034
0.11	0.037	-0.036	-0.007
0.11	0.042	-0.039	-0.014
0.11	0.009	-0.008	0.004
0.11	0.000	0.000	0.000
0.11	-0.013	0.008	-0.010
1.00	0.034	-0.071	-0.073

Практическая работа № 13
Уравнивание нивелирной сети параметрическим способом

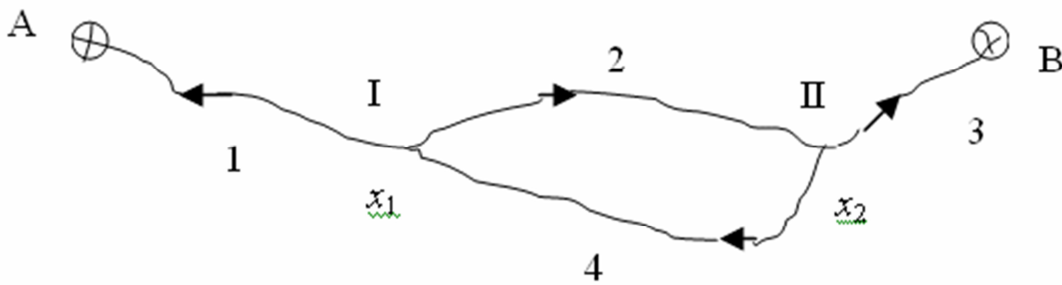


Рис. 3. Нивелирная сеть

Исходные данные:

$H_A = 100,000$ м; $H_B = 115,000$ м - отметки исходных пунктов.

h (м): 5,023; 10,012; 9,990; -10,005 - измеренные превышения.

S (км): 2; 4; 4; 2 - длины ходов.

$p_i = c/S_i$: 2; 1; 1; 2 - веса результатов измерений ($c = 4$).

В данной нивелирной сети число измерений $n = 4$, число необходимых измерений $t = 2$. Два параметра x_1 и x_2 - отметки вновь определяемых пунктов.

Параметрические уравнения связи составим по формуле:

$$F_i(x_1, x_2, \dots, x_t) - y_i = v_i.$$

$$1) (H_A - x_1) - h_1 = v_1; 3) (H_B - x_2) - h_3 = v_3;$$

$$2) (x_2 - x_1) - h_2 = v_2; 4) (x_1 - x_2) - h_4 = v_4$$

- параметрические уравнения связи.

Определим приближенные значения параметров:

$$x_{01} = H_A - h_1 = 94,977 \text{ м}; x_{02} = H_B - h_3 = 105,010 \text{ м}.$$

$x_1 = x_{01} + \delta x_1$ и $x_2 = x_{02} + \delta x_2$ подставим в систему параметрических уравнений связи.

$$1) (H_A - x_{01} - \delta x_1) - h_1 = v_1; 3) (H_B - x_{02} - \delta x_2) - h_3 = v_3;$$

$$2) (x_{02} + \delta x_2 - x_{01} - \delta x_1) - h_2 = v_2; 4) (x_{01} + \delta x_1 - x_{02} - \delta x_2) - h_4 = v_4.$$

Переходим к параметрическим уравнениям поправок:

$$a_i \delta x_1 + b_i \delta x_2 + \dots + t_i \delta x_t + l_i = v_i (i = 1, 2, \dots, n).$$

Таблица 11

Решение нормальных уравнений

№ строк	δx_1	δx_2	l	Q_{1i}	Q_{2i}	Σ	Контроль
1	5	-3	-7,7	-1	0	-6,7	
2	-1	+ 0,600	+1,540	+0,200	0	+ 1,340	+1,340
3		4	+7,7	0	1	+7,7	
4		+2,20	+3,08	-0,60	-1	+3,68	+3,68
5		-1	-1,400	+0,273	+0,455	-1,673	-1,672

20,09

$$[p_{vv}] = 3,92; \quad Q_{12} = 0,273; \quad Q_{22} = 0,455;$$

$$\delta x_2 = -1,400; \quad Q_{11} = 0,200 + 0,600 \cdot 0,273 = 0,364;$$

$$\delta x_1 = 1,540 + 0,600 \cdot (-1,400) = 0,700. \quad Q_{21} = 0 + 0,600 \cdot 0,455 = 0,273.$$

Контроль δx_j : Контроль Q_{ij} : $2 \cdot 0,364 + 0,273 - 1 = 0,001$;

$$2 \cdot 0,700 - 1,400 = 0. \quad 2 \cdot 0,273 + 0,455 - 1 = 0,001.$$

Вычислим значение параметров:

$$x_1 = x_{10} + \delta x_1 = 94,9840 \text{ м}; \quad x_2 = x_{20} + \delta x_2 = 104,9960 \text{ м}.$$

Вычислим уравнированные результаты измерений, делаем контроль уравнивания (табл. 12).

Таблица 12

Уравнированные превышения. Контроль уравнивания

№ п/п	$h_i + v_i$	$F(x_1, x_2)$		№ п/п	$h_i + v_i$	$F(x_1, x_2)$	
1	5,0160	HA - x_1	5,0160	3	10,0040	HB - x_2	10,0040
2	10,0120	$x_2 - x_1$	10,0120	4	-10,0120	$x_1 - x_2$	-10,0120

Сделаем оценку точности результатов измерений по материалам уравнивания:

$$\mu = \sqrt{\frac{[p_{vv}]}{n-t}} = \sqrt{\frac{3,92}{4-2}} = 1,40 \text{ см}$$

- средняя квадратическая ошибка единицы веса (превышения по ходу в 4 км).

$$m = \frac{\mu}{\sqrt{c}} = 0,70 \text{ см}$$

- средняя квадратическая ошибка на 1 км хода.

Оценку точности параметров и функции параметров выполним с использованием элементов обратной матрицы

$$N^{-1} = \begin{pmatrix} 0,364 & 0,273 \\ 0,273 & 0,455 \end{pmatrix}$$

по формулам (38) и (37):

$$\frac{1}{P_{x_1}} = Q_{11} = 0,364$$

- обратный вес первого параметра.

$$m_{x_1} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{x_1}}} = 1,40 \cdot \sqrt{0,364} = 0,84.$$

см - средняя квадратическая ошибка первого параметра.

$$\frac{1}{P_{x_2}} = Q_{22} = 0,455$$

- обратный вес второго параметра.

$$m_{x_2} = 1,40 \cdot \sqrt{0,455} = 0,94$$

см - средняя квадратическая ошибка второго параметра.

$$F = \bar{h}_2 = x_2 - x_1$$

- весовая функция - второе уравненное превышение.

$$f_1 = -1; f_2 = 1$$

- коэффициенты функции.

$$\frac{1}{P_F} = f_1 f_1 Q_{11} + 2 f_1 f_2 Q_{12} + f_2 f_2 Q_{22} = 0,364 - 0,546 + 0,455 = 0,273$$

- обратный вес функции.

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}} = 1,40 \cdot \sqrt{0,273} = 0,73$$

см - средняя квадратическая ошибка функции.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14

Тема «Изучение полевых материалов. Вычисление координат точек съемочного обоснования»

Цель: научиться решать ПГЗ (обрабатывать ведомость координат)

Задание 1 Обработать полевые измерения по плановой привязке теодолитного хода к твердой линии MN и вычислить дирекционный угол α_{N-2} .

Для плановой привязки выбрана твердая линия MN, измерен горизонтальный правый угол в точке N, т.е. дирекционный угол линии MN передается на теодолитный ход путем вычисления дирекционного угла линии N-2 по формуле (правило правых углов):

$$\alpha_{N-2} = \alpha_{MN} + 180^\circ - \text{угол в точке N}$$

Задание 2 Проставить в ведомости координат замкнутого хода номера точек 1 (N), 2,3,4,5 и выписать из полевого журнала средние значения измеренных горизонтальных углов(β).

Задание 3 Вычислить сумму углов практическую ($\sum \beta_{\text{пр}}$), сумму углов теоретическую ($\sum \beta_{\text{теор.}}$), угловую невязку (f_β), допустимую угловую невязку ($f_\beta \text{ доп}$)

$$\sum \beta_{\text{пр.}} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n, \quad \sum \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n-2), \quad f_\beta =$$

$$\sum \beta_{\text{практ.}} - \sum \beta_{\text{теор.}} \quad f_\beta \text{ доп} = 1.5 \sqrt{n}$$

Задание 4 Внести поправки (v_β), округлив до целых чисел с обратным знаком невязке в измеренные углы с контролем и вычислить исправленные углы с контролем

$$\pm(v_\beta) = \pm f_\beta \quad \sum \beta_{\text{испр.}} = \sum \beta_{\text{теор.}}$$

Если невязка небольшая, то в некоторые углы поправки невносятся!

Задание 5 Вычислить дирекционные углы линий хода(α) с контролем по исходному дирекционному углу линии 1(N) -2 (правило правых углов)

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n$$

1) В результате вычислений необходимо получить дирекционный угол линии 1(N)-2!

Контроль: $\alpha_{N-2} = \alpha_{5-1(N)} + 180^\circ - \text{угол в точке 1 (N)}$

2) Если дирекционный угол (α) получается отрицательным, то к нему прибавляется 360° .
Если угол (α) получился больше 360° , то из него вычитается 360°

Задание 6 Вычислить румбы сторон теодолитного хода по дирекционным углам

Задание 7 Вычислить приращения координат линий теодолитного хода

$$\pm \Delta X = d * \cos r \quad \pm \Delta Y = d * \sin r,$$

Задание 8 Вычислить невязки по приращениям координат

1) В замкнутом полигоне теоретическая сумма приращений равна 0.

2) Сумма практическая—это сумма вычисленных приращений координат с учетом знаков.

$$\pm f_X = \sum \Delta X_{\text{пр.}} - \sum \Delta X_{\text{теор.}}; \quad \pm f_Y = \sum \Delta Y_{\text{пр.}} - \sum \Delta Y_{\text{теор.}}$$

Задание 9 Вычислить абсолютную и относительную погрешности по ходу. Написать вывод по погрешностям. Измерения были выполнены на местности II кл.

$$f_{\text{абс.}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad f_{\text{относ.}} = \frac{f_{\text{абс.}}}{P} \quad P: f_{\text{абс.}}$$

Задание 10 Вычислить поправки (v_x, v_y , 2 знака после запятой) и внести в приращения координат с обратным знаком невязке с контролем через расчет коэффициента поправок (K_x, K_y)

Пример для линии 1-2: $v_{x1-2} = K_x * d_{1-2} * 0,01$ $v_{y1-2} = K_y * d_{1-2} * 0,01$

и т.д. по ходу

$$\sum v_x = f_x \quad \sum v_y = f_y$$

Задание 11 Вычислить исправленные приращения координат (с учетом знака) с контролем

$$\pm \Delta X_{\text{испр.}} = \pm \Delta X_{\text{выч.}} \pm v_x \quad \pm \Delta Y = \pm \Delta Y_{\text{выч.}} \pm v_y$$

$$\pm \sum \Delta X_{\text{испр.}} = \pm \Delta X_{\text{теор.}} \quad \pm \sum \Delta Y_{\text{испр.}} = \pm \Delta Y_{\text{теор.}}$$

Задание 12 Вычислить координаты вершин полигона по исходным координатам вершины № 1 (точки N) с контролем (с учетом знака).

$$\pm X_2 = \pm X_1 \pm \Delta X_{1-2} \quad \pm Y_2 = \pm Y_1 \pm \Delta Y_{1-2} \text{ и т. д. по ходу}$$

Контроль: получить по расчетам координаты вершины №1 (точки N).

Отчет: Обработанная ведомость координат. Вывод по выполненной работе

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15

1. Цель работы: освоить обработку журнала технического нивелирования, выполнить анализ полученных результатов.

2. Оснащение урока:

2.1 Журнал технического нивелирования.

2.2 Калькулятор, миллиметровая бумага формата А3, чертежные принадлежности.

2.3 Компьютер, медиапроектор.

ХОД РАБОТЫ

Камеральные работы при обработке результатов технического нивелирования выполняются обычно в следующей последовательности.

1. Проверка записей полевых отсчетов в журнале. Отсчеты должны быть записаны в виде четырехзначных цифр. Отсчеты на связующие точки подписываются: по черной стороне рейки вверху, по красной – внизу.

2. Определение превышений между точками производят таким образом: отсчет по черной стороне задней рейки минус отсчет по черной стороне передней рейки; и так же по красным сторонам реек и записывают в 6 колонку, сохраняя знак превышения.

$$h_{\text{выч}} = z_{\text{черн}} - \Pi_{\text{черн}}$$

$$h_{\text{выч}} = z_{\text{красн}} - \Pi_{\text{красн}}$$

Разность превышений $h_{\text{выч}}$ по черной и красной сторонам не должна быть более $\pm 4\text{мм}$.

3. Если это условие выполнено, то вычисляют среднее превышение $h_{\text{ср}}$ (7 колонка)

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{чер}} + h_{\text{кр}}}{2} \quad (1)$$

4. Правильность вычислений проверяют постраничным контролем.

Для этого в каждой из граф (3,4,6,7) суммируют все записанные в них числа. Найденные суммы записывают в итоговой строке (Σ). Разность 3-й и 4-й граф должна равняться сумме превышений ($\Sigma_6 = \Sigma_3 - \Sigma_4$), а алгебраическая сумма графы 6 равняется удвоенной сумме графы 7 ($\Sigma_6 = 2(\Sigma_7)$)

5. Определение невязки хода. Отличие практически полученной суммы превышений от теоретической называется **невязкой**. Невязка f_h определяется по формуле

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}) \quad (2)$$

где $H_{\text{кон}}$ и $H_{\text{нач}}$ – отметки конечной и начальной точек нивелирного хода;

$h_{\text{ср}}$ – сумма средних превышений между конечным и начальным реперами графы 7).

6. Полученная невязка не должна превышать определенной величины $f_{h\text{доп}}$:

$$f_h \leq f_{h\text{доп}} \quad (3)$$

Для технического нивелирования она не должна быть больше 50 мм на 1 км хода. Допустимая невязка для технического нивелирного хода вычисляется по формуле

$$f_{h\text{доп}} \leq 50\text{мм}\sqrt{L}, \quad (4)$$

где L - длина хода в км.

7. Если полученная величина больше допустимой, то качество нивелирования низкое, работу необходимо переделать. Если полученная невязка **меньше предельной**, то ее распределяют в виде поправки δ_h (мм) во все средние превышения поровну с обратным знаком и записывают в графу 7. Поправки округляют до целых миллиметров. Если невязка f_h не делится нацело на количество станций хода, полученный остаток по 1 мм распределяют на любые произвольно выбранные превышения. Поправку вычисляют по формуле

$$\delta_h = \frac{f_h}{n} \quad (5)$$

где f_h –практическая невязка, вычисленная по формуле (2).

n – количество связующих точек.

При этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т.е.

$\sum \delta_h = - f_h$. Этот процесс называют **увязкой** превышений.

8. Отметки связующих точек вычисляют по исправленным превышениям $h_{\text{испр}}$ по формуле

$$H_1 = H_{\text{нач}} + h_{1\text{испр}}$$

$$H_2 = H_1 + h_{2\text{испр}} \text{ и т.д.} \quad (6)$$

Контролем правильности вычислений является получение известной конечной отметки $H_{\text{кон.}}$

Задание.

1.Выполнить обработку журнала технического нивелирования нивелирного хода между реперами государственной нивелирной сети.

2.На миллиметровой бумаге построить профильпродольного нивелирования. На рисунке 1 приведен упрощенный боковик продольного профиля.

Принять масштабы- горизонтальный 1:2000;

- вертикальный 1:200.

фактические данные	Отметка рельефа,м	15
	Расстояния,м	10
Пикет		10
10	65	

Рис.1 Боковик продольного профиля

Исходные данные:

1. Журнал технического нивелирования (Табл.2).
2. В ведомость отметок реперов государственной нивелирной сети по вариантам задания (Табл.1).
3. Расстояние между пикетами 100м.

Таблица 1. В ведомость отметок реперов государственной нивелирной сети по вариантам задания*

Вариант задания	отметка,м		Вариант задания	отметка,м		Вариант задания	отметка,м	
	Н _{нач}	Н _{кон}		Н _{нач}	Н _{кон}		Н _{нач}	Н _{кон}
1	95,346	99,346	11	78,956	82,955	19	88,463	92,461
2	120,504	124,500	12	145,560	149,559	20	58,752	62,750
3	88,549	92,550	13	150,540	154,541	21	101,236	105,233
4	56,752	60,751	14	178,561	182,559	22	45,321	49,322
5	100,500	104,498	15	120,504	124,502	23	56,645	60,642
6	45,256	49,257	16	56,752	60,751	24	144,568	149,569
7	56,789	60,788	17	100,425	104,426	25	120,364	124,366
8	145,568	149,564	18	46,145	50,147			

*- номер варианта совпадает с номером студента по учебному журналу

Таблица 2.Журнал технического нивелирования

№ станции	№ точки	Отсчеты по рейке,мм			Превышение, мм			ГИ	Отметка,м
		задней	передней	проме- жуточ- ной	вычислен- ные	средние	исправ- ленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rp1	2105 6458							
	ПК0		0751 5102						
2	ПК0	0432 4784							
	ПК1		1045 5399						
3	ПК1	2633 6985							
	+40 ПК2			2466					
			0909 5265						

4	ПК2	2314 6667							
	ПК3		1499 5850						
5	ПК3	0795 5148		2033					
	+15 ПК4		1699 6050						
6	ПК4	2895 7249							
	ПК5		0949 5301						
7	ПК5	1525 5878							
	Rp2		1856 6207						
		Σa	Σb		Σh _{выт}	Σh _{ср}			

Практическое занятие 17

Рисовка рельефа по пикетам при помощи стереоскопа.

Цель работы:

Научиться рисовать рельеф при помощи стереоскопа.

Пояснения к работе:

Рисовку рельефа при помощи стереоскопа выполняют по пикетам, которые выбирают на вершинах, перегибов скатов, седловинах, урезах вод и т.д. Расположение и количество пикетов должны обеспечивать необходимую точность рисовки рельефа. Отметки пикетов определяют методами стереотопографической съемки.

Для уменьшения сводок и упрощения переноса на фотоплан горизонталей последние рисуют через аэроснимок. Например, при обработки аэроснимков 1-2 горизонтали рисуют на аэроснимке 2 в пределах площади данной стереопары. При обработке аэроснимков 2-3 их поворачивают на 180° и рисуют горизонтали опять на аэроснимке 2, но в пределах площади стереопары 2-3 и т.д.

Пикеты должны быть нанесены на те аэроснимки, на которых будут рисовать горизонтали.

В начале работ целесообразно стереоскопически просмотреть аэроснимки, чтобы получить более полное представление о характере рельефа местности.

При укладке стереопары под стереоскоп с целью рисовки рельефа добиваются, насколько это возможно, соответствия полученной стереоскопической модели отметкам пикетов. Затем стереоскопически дешифрируют элементы гидрографии. В результате вырисовывается «скелет» рельефа, что облегчает проведение горизонталей.

Рисовку рельефа целесообразно производить в пределах отдельных участков модели, отграниченных элементами гидрографии, переходя последовательно от одного участка к другому.

При наличии леса горизонтали проводят сначала на открытых местах, а затем, используя проведенные горизонтали, рисуют рельеф на залесенных участках, учитывая при этом высоту леса.

В случае обработки аэроснимков равнинного и всхолмленного районов пользуются стереоскопом с линзами. При обработке аэроснимков горных районов линзы снимают, чтобы уменьшить напряжение глаз.

Закончив проведение горизонталей на данной паре аэроснимков, переходят к другим стереопарам.

Затем при помощи стереоскопа проводят сводку горизонталей между соседними аэроснимками.

После завершения работ горизонтали с аэроснимков переносят на фотоплан. Перенос осуществляют визуально или с помощью стереоскопа с переменным увеличением.

Задание:

Дома повторить раздел «Анализ пары аэроснимков».

Порядок выполнения:

1. Ориентировать под стереоскопом пару аэроснимков, разложив их перекрывающимися частями внутрь. Изучить по стереомодели общий рельеф.
2. Выявить и вычертить на правом снимке пунктирными линиями красного цвета – водоразделы, а линиями синего цвета – водотоки. Совокупность всех линий – скелет рельефа.
3. Заменить левый снимок на такой же снимок с пикетными точками. На стереомодели наблюдателем должны восприниматься скелет рельефа и пикеты. По согласуемости линий скелета с отметками пикетов контролировать правильность выполнения задания.
4. Провести, пользуясь отметками пикетов и скелетом рельефа, горизонтали на перекрывающиеся части правого снимка, прорисовывая микроэлементы рельефа по стереомодели.
5. Вычертить горизонтали, оформить снимок.

Содержание отчета.

В отчете описать весь ход работы с приложением стереопар. Ответить на контрольные вопросы. В конце сделать заключение о проделанной работе (для чего она необходима).

Практическая работа № 18

«Камеральное дешифрирование аэрофотоснимков»

Цель работы: приобретение практических навыков по извлечению из аэрофотоснимков информации, необходимой для выбора оптимального варианта трассы проектируемой автомобильной дороги и составления плана трассы.

Содержание задания: выполнить инженерно-топографическое дешифрирование в пределах зоны продольного перекрытия пары снимков.

Указания по выполнению работы

При дешифрировании, т.е. при обнаружении, опознавании и раскрытии содержания изображенных на аэрофотоснимках предметов и контуров местности, объекты распознаются, в первую очередь, по тем их свойствам, которые непосредственно передаются на снимках и непосредственно воспринимаются наблюдателем. Эти свойства называют прямыми дешифровочными признаками. К ним относятся форма, размер, тон (цвет) и тень изображения объектов.

Прямые дешифровочные признаки часто недостаточны для дешифрирования по двум причинам. Первая – объекты или их характеристики не изобразились на снимках, вторая – объекты не имеют устойчивых дешифровочных признаков: один и тот же объект имеет разные дешифровочные признаки. В связи с этим прибегают к косвенным дешифровочным признакам, которые основаны на существующих в природе закономерных взаимосвязях пространственного размещения объектов или взаимосвязях между природными объектами и результатами хозяйственной деятельности человека. Те объекты, наличие или свойства которых указывают на наличие или свойства других объектов, называют индикаторами, а метод дешифрирования по косвенным признакам – индикационным.

Используют также комплексные дешифровочные признаки, к которым относят сочетание в определенной закономерности прямых дешифровочных признаков объектов, образующих природно-территориальные комплексы: соотношение площадей, занятых различными объектами; соотношение числа различных объектов; пространственная ориентация и характер распределения различных объектов; сочетание и видоизменение форм отдельных объектов; сочетание и изменение по определенному закону тонов различных объектов. Комплексные признаки отражают характер ландшафта, поэтому дешифрирование по комплексным признакам называют ландшафтным.

Камеральное дешифрирование следует выполнять под стереоскопом в следующей последовательности:

1. Обзорное дешифрирование в пределах зоны продольного перекрытия
2. Детальное дешифрирование

Результаты дешифрирования изложить в рабочей тетради, отразив следующие сведения:

1. Населенные пункты (тип, расстояние до ближайших населенных пунктов и объектов предстоящего линейного строительства, наличие промышленных предприятий и т.п.).
2. Рельеф (тип, направление водоразделов, наличие оврагов, обнажений, оползней, места, имеющие максимальные и минимальные отметки и т.п.).

3. Гидрография (ширина и направление течения рек, ширина пойм, наличие стариц, притоков, местоположение и размеры озер и прудов, наличие болот и их краткая характеристика и т.п.).
 4. Растительность (породный состав и густота лесных массивов и кустарников, наличие плодово-ягодных кустарников, пашен, лугов и т.п.).
 5. Существующая дорожная сеть (густота, тип дорог и покрытия, наличие дорожных сооружений, бродов и т.п.).
- Отдешифрованные предметы и контуры местности вычерчиваются в общепринятых условных знаках.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19

Тема «Нанесение внутренней ситуации, нанесение условных знаков, оформление плана»

Цель: научиться работать с абрисами при составлении плана теодолитной съемки.

Задание 1. Нанести внутреннюю ситуацию на план по абрисам

- 1) В работе использовать абрисы, транспортир, масштабную линейку
- 2) Вспомогательные линии вычерчивать тонким карандашом

Задание 2. Оформить объекты местности условными знаками, согласно таблицам условных знаков, применяемых для топографических и землеустроительных планов

Задание 3 Вычертить двойную координатную рамку и оцифровать её в М 1:1000

- 1) Отступить от края формата 11мм
- 2) Вычертить рамку толщиной 1,2мм
- 3) Отступить 12,8мм
- 4) Вычертить рамку толщиной 0,2мм
- 5) Оцифровать каждую линию координатной сетки в масштабе

Отчет: построенный и оформленный план и оформленная координатная рамка согласно ГОСТу. Вывод по выполненной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20

Тема: Камеральная обработка результатов полевой тахеометрической съемки и составление топографического плана.

Цель: освоить обработку полевых материалов и составление плана тахеометрической съёмки

1. Особенности тахеометрической съёмки

Тахеометрическая съёмка – основной вид съёмки для создания планов небольших незастроенных и малозастроенных участков, а также узких полос местности вдоль линий будущих дорог, трубопроводов и других коммуникаций. С появлением тахеометров-автоматов этот способ съёмки становится основным для значительных по площади территорий, особенно когда необходимо получить цифровую модель местности. При тахеометрической съёмке одновременно снимают ситуацию и рельеф, по результатам полевых измерений в камеральных условиях составляют план.

Тахеометрическую съёмку производят с исходных точек – пунктов любых опорных и съёмочных геодезических сетей. Съёмочная сеть может быть создана в виде теодолитно-нивелирных ходов, когда отметки точек хода определяют геометрическим нивелированием (нивелиром). В большинстве же случаев для съёмки прокладывают тахеометрические ходы, в которых все элементы хода (углы, длины линий, превышения) определяют одним прибором – теодолитом или тахеометром-автоматом. При этом *одновременно* с проложением тахеометрического хода производят съёмку. В этом главное отличие тахеометрической съёмки от других видов топографических съёмок.

При тахеометрической съёмке в поле измеряют следующие параметры:

- расстояние от станции до точки (отсчёт по дальномеру);
- горизонтальный угол – лимб ориентируют по одной из сторон хода, визируют на точку;
- угол наклона, визируют на точку.

Результаты измерений заносят в Журнал тахеометрической съёмки (табл. 7.1), одновременно составляя абрисы.

2. Порядок обработки журнала тахеометрической съёмки

- *Вычислить углы наклона на речные точки.*

Углы наклона на реечные точки измеряют в прямом направлении при круге лево. Однако вычисляют вертикальные углы с учётом места нуля. Для этого на каждой станции перед началом тахеометрической съёмки определяют любой вертикальный угол при двух положениях вертикального круга, затем вычисляют место нуля ВУК.

Таблица 8.1

Журнал тахеометрической съёмки

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона ν	Гори- зон- таль- ное про- ложе-	$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu$	превышение $h = h' + V - i$, м	Высота рееч- ной точки (пике-	Приме- чание
	по рей- ке,	по гори- зон- таль- ному	по верти- кальному кругу						

	м	кругу			ние			та)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция III; Н = 186,40; i = 1,39; V = 3,0; M0 = 0°02'; Ориентировано на точку IV; КЛ									
III		00°00'							
1	65	03°48'	358°40'	-01°22'	65	-1,55	-3,16	183,24	Огород
2	73	02°38'	358°26'	01°36'	72,9	-2,04	-3,65	182,75	Тальвег
3	70	21°27'	358°26'	01°36'	70,0	-1,95	-3,56	182,84	Огород
4	76	18°14'	358°20'	01°40'	75,9	-2,25	-3,86	182,54	Грунто- вая дорога
5	79	27°56'	358°18'	01°44'	78,9	-2,39	-4,00	182,40	Кустар- ник
6	62	39°32'	358°45'	01°17'	62,0	-1,39	-3,00	183,40	Огород
7	76	49°43'	358°27'	01°35'	75,9	-2,10	3,71	182,69	Грунто- вая дорога
8	88	74°53'	357°56'	02°06'	87,9	-3,22	-4,83	181,57	Тальвег

Формулы расчёта M0 (№№18, 22) для различных теодолитов приведены в Лабораторной работе №5, где подробно рассмотрено вычисление также углов наклона.

Полученное значение записывают в первую строку журнала напротив номера станции и используют для вычисления вертикальных углов на все реечные точки, снятые с этой станции.

- *Вычислить горизонтальные проложения – d.*

Вычисляют горизонтальное проложение от станции до всех реечных точек по формуле

$$d = D \cdot \cos^2 \nu, \quad (67)$$

где D – расстояние по нитяному дальномеру до реечной точки, ν – угол наклона линии визирования со станции на реечную точку.

Пример 1. Станция III, визировали со станции III на реечную точку 4:

$$d_{I-4} = 76 \cdot \cos^2 1^\circ 40' = 75,9 \text{ м.}$$

Значения горизонтальных проложений d записывают в журнал с округлением до десятых долей метра. Если угол наклона меньше 2° , то горизонтальное проложение принимают практически равным измеренному расстоянию.

- *Вычислить превышения на речные точки.*

Если при определении вертикальных углов визировали на высоту инструмента, то $i=V$ и превышения речных точек относительно станции определяют по формуле

$$h' = h = d \cdot \operatorname{tg} \nu . \quad (68)$$

Вычисленные значения превышений записывают в соответствующую графу журнала с округлением до сотых долей метра.

Пример 2. $h'_4 = d_{I-4} \cdot \operatorname{tg} \nu_{I-4} = 75,9 \cdot \operatorname{tg} (-1^\circ 40') = -2,25 \text{ м} .$

Если при определении вертикальных углов визировали не на высоту инструмента ($i \neq V$), то превышения речных точек относительно станции вычисляют по формуле

$$h = h' + V - i . \quad (69)$$

где i — высота инструмента на станции; V - высота наведения средней нити на вертикально установленную на съёмочном пикете рейку.

Пример 3. Если $i=1,39$, $h'_{I-4} = -2,25 \text{ м}$, $V=3,0 \text{ м}$, то
 $h_{I-4} = h'_{I-4} + V_{I-4} - i = -2,25 + 3,00 - 1,39 = -0,64 \text{ м} .$

- *Вычислить отметки речных точек (H) по формуле:*

$$H_{\text{речн.точки}} = H_{\text{станции}} + h_{\text{станция-речн.точка}}$$

Пример 4. Если $H_I = 186,40 \text{ м}$; $h_{I-4} = -0,64 \text{ м}$,

то $H_4 = H_I + h_{I-4} = 186,40 - 0,64 = 185,76 \text{ м} .$

3. Составление плана тахеометрической съёмки

Составление плана тахеометрической съёмки начинают с нанесения на бумагу координат точек съёмочной сети.

Речные точки полярным способом наносят при помощи транспортира, масштабной линейки и измерителя. На плане строят горизонтальные углы (направления на точку) с помощью транспортира, совмещая его ноль с направлением, принятым на данной станции за начальное. На полученных таким образом направлениях на речные точки (контурные и высотные) откладывают расстояния от станции до соответствующей точки. Например, положение речной точки 4 на плане определится углом $18^\circ 14'$, откладываемым транспортиром от линии III-IV, и расстоянием $75,9 \text{ м}$, взятым по масштабной линейке и отложенным при помощи циркуля-измерителя. Рядом с наколом высотной точки ставят отметку, округленную до $0,1 \text{ м}$.

В соответствии с абрисом наносят на план ситуацию, скелетные линии рельефа. По отметкам высот проводят горизонтالي (порядок построения горизонталей по отметкам точек изложен в Лабораторной работе № 2). Вычерченный в карандаше план оформляют тушью или гелевой ручкой, руководствуясь таблицами условных знаков.

4. Задания

ВАРИАНТ 1

Построить план тахеометрической съёмки согласно журналу (табл. 8.2) и абрису (рис. 8.1)

Таблица 8.2

Журнал тахеометрической съёмки

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона v	Гори- зон- таль- ное про- ложе- ние	$h = d \cdot \operatorname{tg} v$	превышение $h = h' + V - i, \text{ м}$	Высота рееч- ной точки (пике- та)	Приме- чение
	по рей- ке, м	по гори- зон- таль- ному кругу	по верти- кальному кругу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция II; Н = 155,35; i = 1,49; V = 3,0; M0 = 359°58'; КЛ									
II		00°00′							
1	20	92°30′	0°01′						
2	26	17°00′	5°18′						
3	48	9°40′	6°06′						
4	44	71°35′	1°46′						
5	53	88°30′	3°20′						
6	120	108°42′	3°31′						
7	84	113°21′	3°28′						
8	126	97°30′	3°54′						
9	93	96°42′	3°37′						
10	84	76°30′	2°42′						
11	136	78°40′	2°00′						
12	76	66°04′	2°22′						
13	68	42°07′	5°30′						
14	104	49°06′	2°58′						

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона v	Горизонтальное проложение	$h' = d \cdot \operatorname{tg} v$	превышение $h = h' + V - i$, м	Высота реечной точки (пикета)	Примечание
	по рейке, м	по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
15	102	53°09′	2°03′						
16	134	67°03′	2°32′						
17	142	53°38′	2°59′						
18	76	20°32′	6°32′						
19	108	39°42′	5°28′						
20	144	39°48′	3°50′						
21	93	12°42′	4°54′						
22	128	26°32′	3°45′						
23	142	28°03′	3°04′						
24	129	10°48′	2°27′						

ВАРИАНТ 2

Построить план тахеометрической съёмки согласно журналу (табл.8.3) и абрису (рис. 8.2).

Таблица 8.3

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона v	Горизонтальное проложение	$h' = d \cdot \operatorname{tg} v$	превышение $h = h' + V - i$, м	Высота реечной точки (пикета)	Примечание
	по рейке, м	по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Станция III; Н = 155,35; $i = 1,49$; $V = 3,0$; $M0 = 359^\circ 59'$; КЛ									
III		00°00′							
1	39	114°08′	2°37′						

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона v	Гори- зон- таль- ное про- ложе- ние	$h = d \cdot \operatorname{tg} v$	превышение $h = h' + V - i$, м	Высота рееч- ной точки (пике- та)	Приме- чание
	по рей- ке, м	по гори- зон- таль- ному кругу	по верти- кальному кругу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	104	71°48'	0°55'						
3	142	60°27'	1°38'						
4	127	57°08'	1°20'						
5	116	46°08'	2°16'						
6	137	40°30'	2°33'						
7	102	49°05'	2°23'						
8	84	54°02'	3°21'						
9	51	72°40'	3°43'						
10	25	49°09'	4°29'2"						
11	49	21°31'0"	358°51'						
12	96	33°47'	1°012'						
13	118	30°06'	2°03'						
14	70	4°32'	0°35'						
15	76	118°45'	1°41'						
16	120	57°41'	2°42'						
17	119	89°20'	3°17'						
18	124	79°30'	4°29'						
19	75	101°40'	1°35'						
20	100	106°30'	0°37'						
21	120	126°40'	358°44'						
22	77	122°30'	0°33'						
23	109	28°03'	358°33'						

Практическая работа №21

Оценка точности измерений углов и превышений по невязкам в ходах и полигонах

Поскольку невязки определяются по тому же принципу, что и истинные погрешности, их используют для оценки точности выполненных измерений. При этом, как уже отмечалось ранее, веса измерений выражают обычно не через средние квадратические погрешности, а через другие числовые характеристики измерений: например, число углов в полигоне, длины нивелирных ходов, выраженных числом станций (штативов) или в километрах и т.п. В качестве измерения с весом, равным единице, принимают измерение одного угла, превышения на одной станции или в ходе длиной 1 км и т.д.

1. *Сеть теодолитных ходов.* В результате угловых измерений в N полигонах с числом углов $n_1, n_2, \dots, n_N$ получены невязки $f_{\beta_1}, f_{\beta_2}, \dots, f_{\beta_N}$ в каждом полигоне.

Полученные невязки являются истинными погрешностями сумм углов в каждом полигоне, поэтому для оценки точности измерений используют формулу Гаусса для неравноточных измерений

$$\mu = \sqrt{\frac{[p\Delta^2]}{n}}. \quad (60)$$

Заменив Δ на f_{β} , а число погрешностей n на число невязок (полигонов) N получим

$$\mu = \sqrt{\frac{[pf_{\beta}^2]}{N}}. \quad (61)$$

Приняв вес измерения угла равным единице, вес невязки каждого полигона будет

$$p_i = \frac{1}{n_i}.$$

Тогда среднюю квадратическую погрешность измерения одного угла определяют как

$$\mu = \sqrt{\frac{[f_{\beta}^2]}{N}}. \quad (62)$$

В случае, если сеть состоит из треугольников (сеть триангуляции), $n_1 = n_2 = \dots = 3$

$$\mu = \sqrt{\frac{[f_{\beta}^2]}{3N}}. \quad (63)$$

2. *Сеть нивелирных полигонов (ходов).* В сети геометрического нивелирования, состоящей из N полигонов, получены невязки $f_{h_1}, f_{h_2}, \dots, f_{h_N}$, периметры которых $L_1, L_2, \dots, L_N$ (в километрах). Невязки f_{h_i} являются истинными погрешностями соответствующих сумм

превышений. Приняв вес превышения в ходе длиной 1 км равным единице, вычисляют веса сумм превышений в каждом полигоне:

$$p_i = \frac{1}{L_i}.$$

Тогда, как и в предыдущем примере, среднюю квадратическую погрешность единицы веса определяют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{\left[\frac{f_h^2}{L} \right]}{N}}, \quad (64)$$

где L – длина хода, км.

Для системы из N полигонов тригонометрического нивелирования за веса превышений принимают величины, обратно пропорциональные квадратам длин сторон D_i , т.е.

Тогда

$$\mu = \sqrt{\frac{\left[\frac{f_h^2}{D^2} \right]}{N}}, \quad (65)$$

где D – периметр полигона, км.

Пример 15

Вычислить среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла по невязкам в N полигонах, приведенным в табл. 23.

Таблица 23

Результаты угловых измерений в полигонах

Номер полигона	Невязка, f_β'	Число углов, n	$\frac{f_\beta^2}{n}$	Номер полигона	Невязка, f_β'	Число углов, n	
1	–1,3	17	0,10	6	+2,4	30	0,19
2	+1,4	26	0,08	7	+1,0	21	0,05
3	–1,2	20	0,07	8	–2,5	26	0,24
4	–2,0	25	0,16	9	–1,8	15	0,22
5	+1,5	16	0,14	10	+1,5	24	0,09
			[0,55]				[0,79]

$$\left[\frac{f_{\beta}^2}{n} \right] = 1,34$$

$$\mu_{\beta} = \sqrt{\frac{\left[\frac{f_{\beta}^2}{n} \right]}{N}} = \sqrt{\frac{1,34}{10}} = 0,37' \approx 0,4' ; \quad m_{\mu_{\beta}} = \frac{\mu_{\beta}}{\sqrt{2N}} = \frac{0,37}{\sqrt{20}} = 0,08'$$

Пример 16

Произвести оценку точности результатов геометрического нивелирования по невязкам в N полигонах, приведенных в табл. 24, и исследовать систематические погрешности.

Практическая работа №22

Геометрическое нивелирование

Рельеф местности — это совокупность неровностей поверхности земли: он является одной из важнейших характеристик местности. Знать рельеф — значит знать отметки всех точек местности. Отметка точки — это численное значение ее высоты над уровенной поверхностью, принятой за начало счета высот. Отметку любой точки местности можно определить по топографической карте, однако, точность такого определения будет невысокой.

Отметку точки на местности определяют по превышению этой точки относительно другой точки, отметка которой известна. Процесс измерения превышения одной точки относительно другой называется нивелированием. Начальной точкой счета высот в нашей стране является нуль Кронштадтского футштока. От этого нуля идут ходы нивелирования, пункты которых имеют отметки в Балтийской системе высот. Затем от этих пунктов с известными отметками прокладывают новые нивелирные ходы и так далее, пока не получится довольно густая сеть, каждая точка которой имеет известную отметку. Эта сеть называется государственной сетью нивелирования; она покрывает всю территорию страны.

Отметки всех пунктов нивелирных сетей собраны в списки — «Каталоги высот».

Эти списки непрерывно пополняются, издаются новые каталоги по новым нивелирным ходам. Для нахождения отметки любой точки местности в Балтийской системе высот нужно измерить ее превышение относительно какого — либо пункта, отметка которого известна и есть в каталоге. Иногда отметки точек определяют в условной системе высот, если поблизости нет пунктов государственной нивелирной сети. Вследствие того, что измерение превышений выполняют различными приборами и различными способами, различают:

- геометрическое нивелирование
- тригонометрическое нивелирование
- барометрическое нивелирование
- гидростатическое нивелирование и некоторые другие

Геометрическое нивелирование или нивелирование горизонтальным лучом выполняют специальным геодезическим прибором — нивелиром; отличительная особенность нивелира состоит в том, что визирная линия трубы во время работы приводится в горизонтальное положение.

Различают два вида геометрического нивелирования: нивелирование из середины и нивелирование вперед.

При нивелировании из середины нивелир устанавливают посередине между точками А и В, а на точках А и В ставят рейки с делениями. При движении от точки А к точке В рейка в точке А называется задней, рейка в точке В — передней. Сначала наводят трубу на заднюю рейку и берут отсчет a , затем наводят трубу на переднюю рейку и берут отсчет b . Превышение точки В относительно точки А получают по формуле:

$$h=a-b$$

Если $a>b$, превышение положительное, если $a<b$ — отрицательное. Отметка точки В вычисляется по формуле:

$$H_b = H_a + h$$

Высота визирного луча над уровнем моря называется горизонтом прибора и обозначается H_{Γ} :

$$H_{\Gamma} = H_A + a = H_a + b$$

При нивелировании вперед нивелир устанавливают над точкой А так, чтобы окуляр трубы был на одной отвесной линии с точкой. На точку В ставят рейку. Измеряют высоту нивелира i над точкой А и берут отсчет b по рейке. Превышение h подсчитывают по формуле

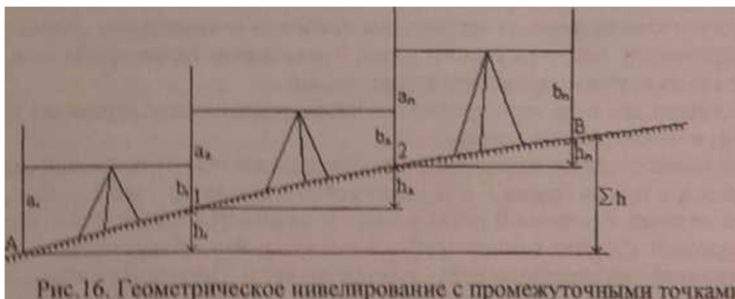
$$h = i - b$$

Отметку точки В можно вычислить через превышение по приведенной выше формуле или через горизонт прибора:

$$H_a = H_{\Gamma} - b$$

Если точки А и В находятся на большом расстоянии одна от другой и превышение между ними нельзя измерить с одной установки нивелира, то на линии АВ намечают промежуточные точки 1, 2, 3 и т.д. и измеряют превышение по частям

На первом участке А-1 берут отсчеты по задней рейке – a_1 и по передней – b_1 . Затем переносят нивелир в середину второго участка, а рейку с точки А переносят в точку 2; берут отсчеты по рейкам: по задней – a_2 и по передней – b_2 . Эти действия повторяют до конца линии АВ. Точки, позволяющие связать горизонты прибора на соседних установках нивелира, называются связующими; на этих точках отсчеты берут два раза - сначала по передней рейке, а затем по задней.



Превышение на каждой установке нивелира, называемой станцией, вычисляют по формуле $h = a - b$, а превышение между точками А и В будет равно:

$$h_{AB} = \Sigma h = \Sigma a - \Sigma b.$$

Отметке точки В получится по формуле

$$H_a = H_A + \Sigma h.$$

При последовательном нивелировании получается нивелирный ход.

Задание:

Определить, превышение между точками А и В местности. Точки на местности и отметку точки А указывает преподаватель. Превышения между точками и отметку точки В найти двумя способами.

Практическая работа № 23

Составление технического отчета об инженерных изысканиях

Согласно СНИП 11-02-96, по результатам проведенных изыскательских работ по каждому объекту подготавливается отчет об инженерных изысканиях, который состоит из текстового и графического разделов и приложений. Документ имеет вид прошитой книги формата А4. В нем содержится подробная информация о выполненных работах, что позволяет заказчику оценить их результаты. В зависимости от цели инженерных изысканий и техзадания заказчика, текстовая часть отчета состоит из нескольких разделов.

Пояснительная записка

В пояснительной записке к отчету по инженерно-геодезическим изысканиям указываются общие сведения: основание для производства изыскательских работ, их задачи, месторасположение объекта, его административная принадлежность, информация о землевладельцах, высотно-координатная система, виды и объемы работ, сроки их проведения, а также данные исполнителя.

Содержательная часть

В текстовой части документа дается краткая физико-географическая характеристика района проведения работ: его рельефа, наличия опасных природных и природно-техногенных процессов.

Кроме того, технический отчет по геодезическим изысканиям анализирует топографо-геодезическую изученность площадки: наличие материалов ранее выполненных работ из картгеофонда или полученных от заказчика.

В документе также содержатся сведения о методике и технологии выполненных изысканий: создание геодезических сетей, ведение топографической съемки и составление инженерно-топографических планов, используемое программное обеспечение и геодезическое оборудование и инструменты. Дается характеристика точности и детальности проведенных работ.

Помимо этого, отчет об инженерных изысканиях содержит информацию о проведении контроля и приемки на предмет соответствия техническому заданию ГОСТ и СНиП, ведомственным инструкциям и местным строительным нормам.

Заключение

В заключении приводятся краткая информация о результатах проведенных работ, и дается их емкая оценка.

Что входит в перечень приложений к техническому отчету об инженерных изысканиях

Текстовые приложения включают в себя:

- подробное техзадание топографо-геодезических работ;
- ситуационный план объекта;
- ксерокопии лицензий;
- регистрационное заявление на проведение топографо-геодезических работ;
- ксерокопии свидетельств о поверке приборов;
- высотно-координатный каталог исходных пунктов съемки;
- координатная ведомость пунктов обоснования;
- результаты GPS измерений;
- абрисы закрепленных пунктов;
- топографический план в масштабе 1:500 и т.д.

и ряд других документов (их полный перечень можно получить у наших специалистов).

Завершающим этапом проведения инженерных изысканий является передача отчета в Департамент (управление, отдел) по архитектуре и градостроительству.

