

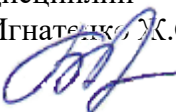
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
(очной и заочной формы обучения)
ОПЦ.04. ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ
для специальности
08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений
базовая подготовка
среднего профессионального образования

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИргГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИргГУПС Трофимов Ю.А.
00920FD815CE68F8C4CA795540563B41
Иркутск, 2024
Подпись соответствует файлу документа



РАССМОТРЕНО:
Цикловой методической
комиссией Общетехнических и
электротехнических дисциплин
Председатель ЦМК: Игнатов Ж.С.
Протокол № 9
«11» апреля 2024 г. / 

Разработчики: С.Н. Климова, преподаватель высшей категории Сибирский колледж транспорта и строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»; Луцкин С.И., преподаватель высшей категории Сибирский колледж транспорта и строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»;

Разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по специальности среднего профессионального образования 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическое занятие №1. Определение географических координат точек по карте.....	5
Практическое занятие №2. Определение прямоугольных координат точек по карте.	6
Практическое занятие №3. Масштабы карт и планов. Построение линейного и поперечного масштаба.	8
Практическое занятие №4. Условные знаки карт и планов.....	11
Практическое занятие №5. Разграфка и номенклатура топографических карт.....	13
Практическое занятие №6. Чтение рельефа по карте и решение задач: определение отметок точек, вычисление уклонов линий.....	17
Практическое занятие №7. Построение профиля по линии, заданной на карте.....	18
Практическое занятие №8. Решение прямой и обратной геодезических задач.....	21
Практическое занятие №9. Ориентирование линии на карте или плане.....	22
Практическое занятие №10. Измерение длин линий стальной рулеткой. Обработка результатов измерений.	25
Практическое занятие №11. Устройство лазерной рулетки. Измерение длин линий лазерной рулеткой. Обработка результатов измерений.	27
Практическое занятие №12. Изучение устройства теодолитов 4Т30П, 2Т30П; снятия отчетов.	30
Практическое занятие №13. Поверки теодолита.	34
Практическое занятие №14. Измерение горизонтальных углов. Ведение журнала угловых измерений.	37
Практическое занятие №15. Измерение вертикальных углов. Ведение журнала угловых измерений.	39
Практическое занятие №16. Измерение азимутов. Определение горизонтальных проложений линий, измеренных нитяным дальномером теодолита.	41
Практическое занятие №17. Изучение нивелиров устройство нивелиров 3НЗКЛ, 4НЗКЛ, НЗ. Снятие отчетов по рейкам Поверки нивелиров.	43
Практическое занятие №18-20. Расчетно-графическая работа №1	48
Практическое занятие №21 Обработка результатов полевых измерений тахеометрической съемки	63
Практическое занятие №22 Вычисление элементов и главных точек кривых. Построение плана трассы.....	65
Практическое занятие №23 Построение профиля трассы	4
Практическое занятие №24-26. Расчетно-графическая работа №2	10
Литература	15

Введение

В соответствии с учебным планом дисциплины ОПЦ.04 Основы геодезии студентами специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений должны выполнить 26 практических работ.

В методическом пособии приведены необходимые пояснения основных понятий; исходные данные и задания к каждой практической работе, примеры выполнения и оформления расчётных и графических частей работ.

Практические занятия проводятся с целью закрепить теоретические знания студентами: научиться пользоваться масштабами и освоить методики решения некоторых задач при выполнении работ по карте, приобрести практические навыки по чтению рельефа местности; овладеть методиками обработки полевых материалов при производстве теодолитной съёмки, технического нивелирования при полевом трассировании; приобрести навыки построения топографического плана, составления и проектирования продольного профиля, картограммы земляных работ.

Графические работы необходимо выполнять карандашом на чертёжной или миллиметровой бумаге на форматных листах в соответствии с ГОСТами или с использованием автоматических систем проектирования. Другие требования по оформлению планов и заполнению ведомостей, журналов и дополнительные задания приводятся при необходимости в расчётно-графических работах.

Практическое занятие №1. Определение географических координат точек по карте

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по определению координат точек по карте.

Обеспеченность занятия:

Учебные топографическая карта М 1:10 000 или 1:25 000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными точками.

Содержание практического занятия

1. Определить географические координаты

Порядок выполнения работы

Географическая широта φ точки - это угол между направлением отвесной линии, проходящей через заданную точку, и плоскостью экватора.

Географическая долгота λ точки - это двугранный угол между плоскостью меридиана, проходящего через заданную точку и плоскостью начального (Гринвичского) меридиана.

Для определения географических координат точки на карте построена минутная рамка (рис. 1). Ее стороны разделены на чередующиеся белые и черные отрезки, каждая равна одной минуте. Каждый минутный отрезок размечен точками по 10 секунд каждая.

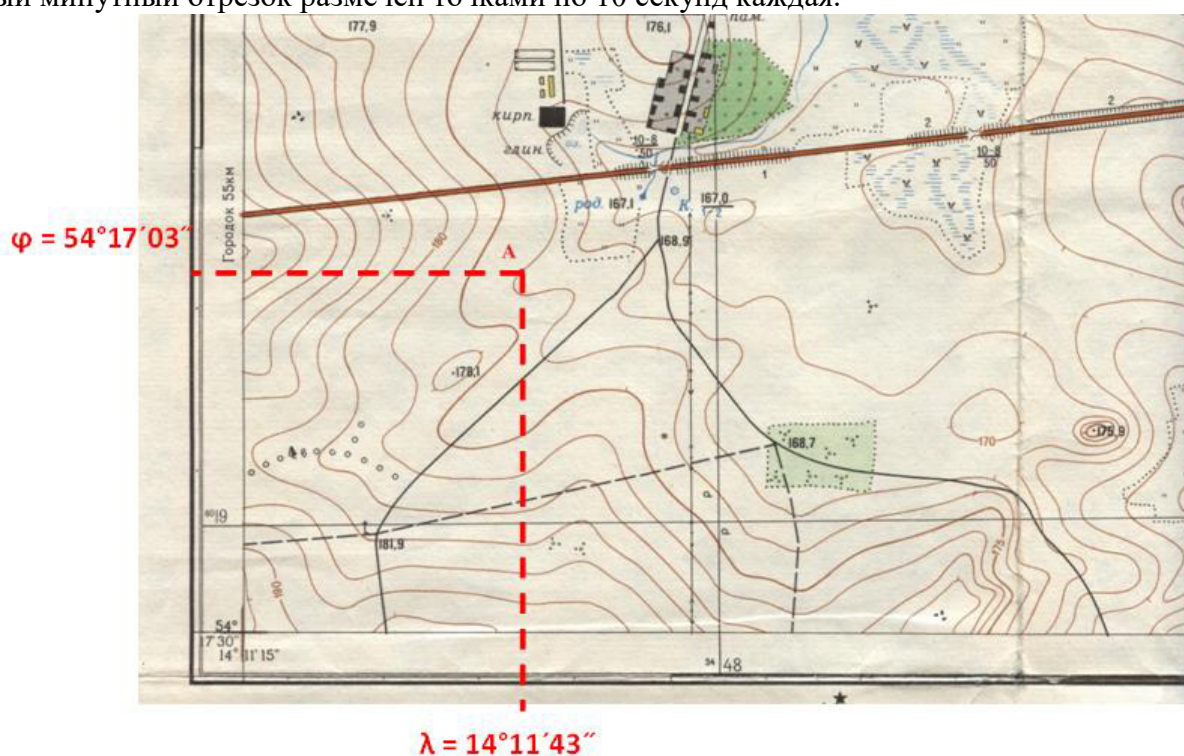


Рисунок 1. Определение географических координат

Чтобы определить широту и долготу заданной точки, необходимо опустить перпендикуляры соответственно на западный меридиан и южную параллель карты (рис. 1). Затем к начальным значениям широты и долготы юго-западного угла рамки, подписанным на карте, прибавить число минут и секунд, подсчитанных от начальных значений φ и λ до опущенных перпендикуляров (рис. 1).

ЗАДАНИЕ

Определить географические координаты заданных точек на карте. Результаты оформить в виде таблицы.

точка	координаты	
	географические	
	<i>Географическая широта φ</i>	<i>Географическая долгота λ</i>

Контрольные вопросы

1. Что называется координатами точки?
2. Какие существуют типы координат?
3. Что такое широта точки?
4. Что такое долгота точки?

Практическое занятие №2. Определение прямоугольных координат точек по карте.

Цель занятия: Приобрести практические навыки по определению координат точек по карте.

Обеспеченность занятия:

Учебные топографическая карта М 1:10 000 или 1:25 000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными точками.

Содержание практического занятия

1. Определить прямоугольные координаты

Прямоугольными координатами называются линейные величины абсцисса и ордината, определяющие относительное положение заданной точки на плоскости.

В равноугольной проекции Гаусса - Крюгера абсцисса точки (координата x) - это расстояние от экватора до заданной точки в метрах, ордината точки (координата y) - это расстояние от осевого меридиана зоны до заданной точки (рис. 2).

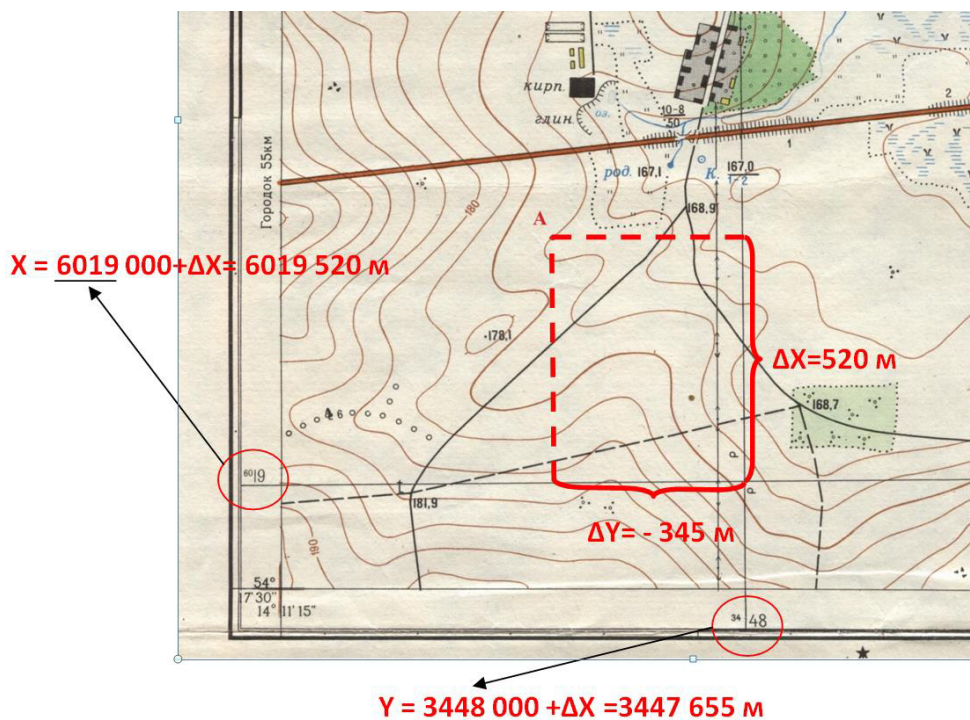


Рисунок 2. Определение прямоугольных координат

Таким образом, в геодезии в отличие от системы координат, принятой в математике, ось абсцисс ОР расположена вертикально и параллельна осевому меридиану зоны, а ось ординат - горизонтально и параллельна линии экватора. Чтобы ординаты были всегда положительными, точка О начала координат в геодезии имеет координаты (0; 500 км). Поэтому ординаты объектов, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют $y < 500$ км, а к востоку $y > 500$ км.

Если т. А (рис. 2) имеет прямоугольные координаты (6019 520, 3447 655), то это значит: что $x = 6019$ км 520 м – это расстояние точки до экватора, $y = (3)447$ км 655 м, где 3 - это номер зоны в проекции Гаусса-Крюгера, а 447 км 655 м – это расстояние от осевого меридиана зоны к западу.

На картах большинства масштабов координатные оси изображаются через каждый километр на местности. Поэтому координатная сетка на топографической карте называется километровой и представляет собой сетку квадратов, подписанных как по оси абсцисс, так и по оси ординат.

Расстояние между линиями координатной сетки зависят от масштаба карты. Любой объект легко найти на карте, если указать последние две цифры квадратов, на пересечении которых расположен объект.

ЗАДАНИЕ

Определить прямоугольные координаты заданных точек на карте. Результаты оформить в виде таблицы.

точка	координаты	
	прямоугольные	
	X, м	Y, м

Контрольные вопросы

5. Что называется координатами точки?
6. Какие существуют типы координат?
7. Что такое широта точки?
8. Что такое долгота точки?

Практическое занятие №3. Масштабы карт и планов. Построение линейного и поперечного масштаба.

Цель работы: Ознакомиться с картами и планами разных масштабов, понять их назначение. Научиться измерять и откладывать расстояния на планах и картах, строить линейный и поперечный масштабы.

Материалы и принадлежности: Топографическая карта, индивидуально каждому студенту, чертежные принадлежности, калькулятор, циркуль-измеритель.

Содержание практического занятия

1. Решение простейших задач с численным масштабом.
2. Построить линейный масштаб с нормальным основанием, для численного (задается преподавателем). Отложить на линейном масштабе линию заданной длины.
3. Построить поперечный масштаб с нормальным основанием, для заданного численного. Отложить на поперечном масштабе отрезки, длина которых берется по заданию.

Основные теоретические понятия

При составлении планов и измерении на них отрезков линий пользуются масштабами.

Масштабом плана (карты) M называется отношение длины отрезка на плане или карте (l) к соответствующей ему горизонтальной проекции на местности (L), т.е. это степень уменьшения натуральных величин при изображении их на планах и картах:

$$M = \frac{l}{L}$$

Масштабы бывают численными и графическими (линейными и поперечными).

Дробь, числитель которой равен единице, а знаменатель - числу m , показывающему, во сколько раз уменьшены на плане горизонтальные проекции отрезков линий местности, называется **численным масштабом**.

Например, 1:1000, 1:5000 и т.д. Чем больше знаменатель численного масштаба, тем масштаб считается мельче и наоборот. Формулу для вычисления масштабов можно выразить следующим образом:

$$M = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

Читаются численные масштабы так: в одной единице длины на плане, карте содержится m таких же единиц на местности.

Внимание! Важно знать, что ЧИСЛЕННЫЙ МАСШТАБ – ВЕЛИЧИНА ОТВЛЕЧЕННАЯ И НЕ ЗАВИСИТ ОТ СИСТЕМЫ (ЕДИНИЦ) ЛИНЕЙНЫХ МЕР.

Численные масштабы являются основой для построения графических – линейных и поперечных – масштабов, предназначенных для упрощения или повышения точности графических работ на планах и картах.

Графические линейные масштабы позволяют перевести линейные единицы в масштабные и наоборот без проведения дополнительных расчетов

Линейный масштаб – это шкала, т.е. прямая линия длиной 8-10 см, разделенная штрихами на равные отрезки длиной 1-2 см, называемые основанием масштаба (δ).

Для построения линейного масштаба (Рисунок 4) на прямой несколько раз откладывают один и тот же отрезок δ (основание масштаба) 1-2 см.

Крайний левый отрезок делят обычно на 10 равных частей. У концов каждого основания подписываются числа, которые в заданном масштабе указывают длину соответствующих линий в натуре в нарастающем порядке от нулевого деления основания слева на право.

Определение расстояний: измерителем на плане определяем длину линии (в створ) и переносим на линейный масштаб таким образом, чтобы правая ножка измерителя касалась одного из концов оснований, а другая находилась в левой части масштаба, разделенной на короткие отрезки.

(Рисунок 4)

Недостаток линейных масштабов заключается в том, что доли наименьших делений на них оцениваются на глаз.

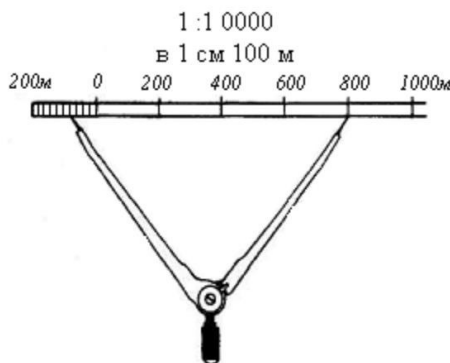


Рисунок 4.

Для более точного построения и измерения отрезков пользуются **поперечными масштабами**. Поперечный масштаб позволяет существенно повысить точность графических работ на планах и картах. Достигается это за счет деления коротких отрезков линейного масштаба на несколько (обычно на 10) более мелких частей с помощью простых геометрических построений (Рисунок 5):

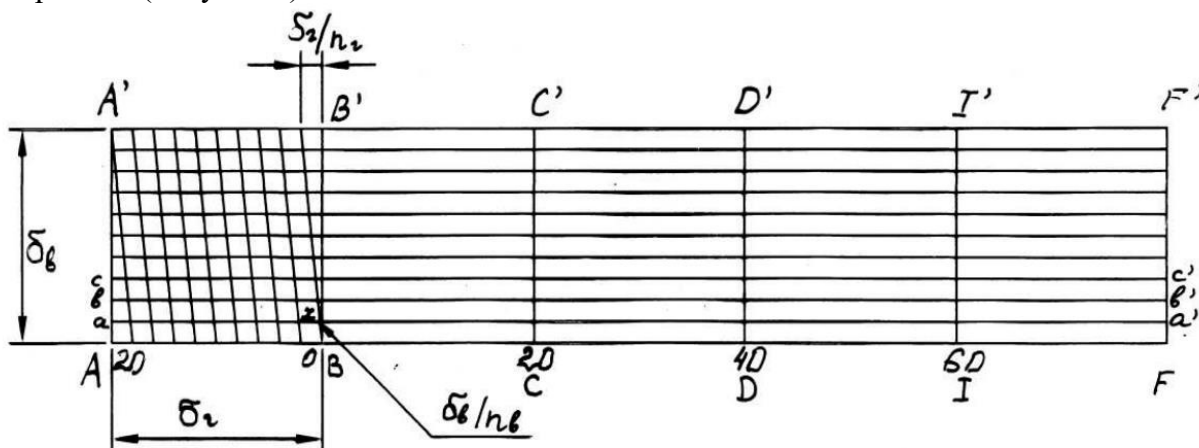


Рисунок 5. Поперечный масштаб 1:1000

Для этого от нижнего основания масштаба – прямой линии AF, разделенной на отрезки равной длины AB, BC, CD, DI, IF и т.д. (по 1-2 см, как горизонтальное основание масштаба δ_G), восстанавливают перпендикуляры AA', BB', CC', DD', II', FF' (от конца каждого горизонтального основания) равной длины по 2-5 см, как вертикальное основание масштаба δ_B .

Вертикальное основание AA' (FF') делят на отрезки Aa, ab, bc... (обычно их количество n_B равно 10) равной длины и проводят параллельные горизонтальному основанию линии aa', bb', cc' и т.д. Крайнее левое горизонтальное основание δ_G AB (нижнее) и A'B' (верхнее) также делят на произвольное, но одинаковое число равных частей ($n_G=10$) и соединяют наклонными прямыми линиями начало каждого короткого отрезка нижнего основания (от нуля) с концом соответствующего короткого отрезка верхнего основания.

Перед использованием поперечного масштаба определяют величину его наименьшего деления. Из Рисунка 5 следует, что наименьшее деление x на линии aa', параллельной горизонтальному основанию масштаба AF, определяется из подобия прямоугольных треугольников с основаниями (δ_G/n_G) и x :

$$x: \frac{\delta_B}{n_B} = \frac{\delta_G}{n_G}; \quad x = \frac{\delta_G}{n_G \times n_B}$$

Таким образом, если горизонтальное основание поперечного масштаба $\delta_r = 2$ см и оба основания разделены на равное количество делений,

например, $n_r = n_b = 10$, тогда $x = 0,01 \times \delta_r = 0,01 \times 2 \text{ см} = 0,2 \text{ мм}$.

Не сложно показать, что наименьшее деление на горизонтальной линии bb' масштаба будет равно $2x = 0,02\delta_r$, на третьей линии cc' - $3x = 0,03\delta_r$ и т.д. (см. Рисунок 5), т.е. каждый следующий меньший отрезок отличается от предыдущего на 0,01 горизонтального основания масштаба.

Масштаб, у которого горизонтальное и вертикальное основания равны и оба разделены на 10 частей, называется нормальным поперечным (сотенным) масштабом. Среди других поперечных масштабов он является наиболее удобным для работы.

Порядок выполнения работы

Задача 1. Отрезком какой величины на плане (l_x) масштаба 1:2000 изобразится линия, имеющая в натуральной величине (на местности) длину 78 м?

Для решения задачи воспользуемся формулой

$$M = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

и проведем соответствующие преобразования этой формулы и вычисления длины линии на плане l_x :

$$l_x = \frac{L \cdot 1}{m} = \frac{78}{2000} = 0,039 \text{ м} = 39 \text{ мм}$$

Ответ: длина линии на плане l_x составит 39 мм.

Задача 2. Какой длины L_x в натуральную величину будет линия, изображенная на плане (карте) масштаба 1:5000 отрезком длиной 42 мм?

Для решения обратной задачи вновь воспользуемся формулой

$$M = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

и проведем соответствующие преобразования этой формулы и вычисления длины линии на местности L_x :

$$L_x = \frac{m \cdot l}{1} = \frac{5000 \cdot 0,042}{1} = 210 \text{ м}$$

Ответ: длина линии на местности L_x составит 210 м.

Задача №3. Построить линейный масштаб для масштаба 1:10000.

На рисунке 4 изображен линейный масштаб 1:10000, т.е. в одной единице длины плана содержится 10000 таких же единиц длины на местности, или в 1 см (мм, м, км и т.д.) плана содержится 10000 см (мм, м, км и т.д.) на местности (в 1 см плана содержится 100 м на местности, т.к. 1 м=100 см).

Основанию масштаба δ 2 см соответствует 200 м длины на местности, крайний левый отрезок масштаба разделен на 10 равных частей, длина каждого короткого левого отрезка в 10 раз меньше, чем основание масштаба δ , что соответствует 20 м длины на местности. Из этого следует, что длина линии на местности L_x , взятая в створ измерителя, равна:

$L_x = 4$ больших отрезка (δ) по 200м + 4 малых отрезка по 20м = 880м.

Задача №4. Определить длину линии между точками на карте в масштабе 1:1000 используя поперечный масштаб.

Для определения натуральной длины линии между точками на карте, переносят эту линию $K'L'$ раствором циркуля с карты на линию нижних оснований поперечного масштаба так, чтобы правая игла совместилась с одной из вертикалей (20), а левая игла попала бы в пределы крайнего левого основания (в пределах от 20 до 0), разделенного на мелкие части. Затем перемещают обе иглы вверх до момента, когда левая игла попадет на ближайшую наклонную линию сетки масштаба (точка К), правая игла будет находиться на прежней вертикали (в точке L), и обе иглы будут располагаться на одной из горизонтальных линий масштаба либо параллельно им (Рисунок б).

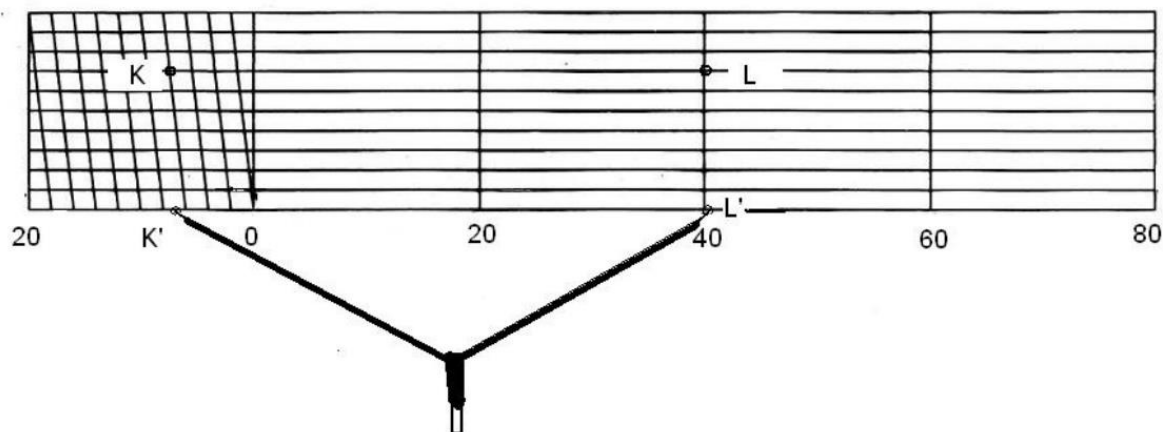


Рисунок 6. Определение длины линии с помощью поперечного масштаба 1:1000

Искомую длину линии KL получим путем суммирования расстояний от правой иглы до левой иглы циркуля:

- в делениях поперечного масштаба и в миллиметрах

$$2 \times 20 \text{ мм} + 3 \times 2 \text{ мм} + 7 \times 0,2 \text{ мм} = 47,4 \text{ мм};$$

- в метрах, после перевода длины линии из масштаба 1:1000 в натуру, 47,4 м.

Длину линии KL можно определить и без промежуточных вычислений, зная, какой длине в натуральную величину соответствуют деления поперечного масштаба:

$$2 \text{ деления} \times 20 \text{ м} + 3 \text{ деления} \times 2 \text{ м} + 7 \text{ делений} \times 0,2 \text{ м} = 47,4 \text{ м}.$$

Контрольные вопросы

1. Что называют числовым масштабом?
2. Что называют линейным масштабом, его основанием? К его строят? Показать на примере.
3. Какие масштабы приняты для карт и какие для планов?
4. Для чего существует поперечный масштаб? Как его строят?
5. Привести примеры на использование поперечного масштаба.

Практическое занятие №4. Условные знаки карт и планов

Цель работы: Закрепить навыки работы с условными знаками плана и карты. Научиться вычерчивать основные условные знаки.

Материалы и принадлежности: Топографическая карта, индивидуально каждому студенту, чертежные принадлежности, Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500

Содержание практического занятия

1. Ознакомиться с основными видами условных знаков. Составить таблицу.
2. Кодировка условными знаками текста.
3. Начертить простой план, используя условные знаки.

Условные знаки, изображающие ситуацию местности, подразделяются на **площадные, немасштабные, линейные и пояснительные** (Рисунок 7).

Площадные или **масштабные** условные знаки служат для изображения объектов, занимающих значительную площадь и выражающихся в масштабе карты или плана. Площадной условный знак состоит из знака границы объекта и заполняющих его знаков или условной окраски. Контур объекта показывается точечным пунктиром (контур леса, луга, болота), сплошной линией (контур водоема, населенного пункта) или условным знаком соответствующей границы. Площадные условные знаки позволяют не только найти расположение объекта, но и оценить его линейные размеры, площадь и очертание.

Площадные		Внемасштабные		Линейные	
	Лес		Отдельно стоящее дерево		Шоссе
	Кустарник		Межевой знак		Грунтовая дорога
	Сенокос		Естественные источники		ЛЭП низкого напряжения
	Залежи		Мельница		Граница городских земель
	Огород	<p>Пояснительные</p> <p>дуб $\frac{9}{0,15^2}$ 9 – средняя высота деревьев, м клен $\frac{9}{0,15^2}$ 0,15 – средняя толщина деревьев, м 3 – расстояние между деревьями, м</p> <p> 40 – длина моста, м 6 – ширина проезжей части, м 10 – грузоподъемность, т</p> <p> 30 – ширина реки, м 1,5 – глубина реки, м</p>			
	Пашня				

Рисунок 7. Типы условных знаков.

Внемасштабными называют такие условные знаки, которыми предметы местности изображаются без соблюдения масштаба карты или плана (например, отдельно стоящие дерево, километровый столб, колодец и т.д.). Эти знаки не позволяют судить о размерах изображаемых местных предметов. Положению предмета на местности, соответствует определенная точка знака.

Линейными условными знаками называются знаки, изображающие протяженные объекты на местности. (Например, железные, автогрузовые дороги, ручьи, границы и т.д.). Длина таких объектов выражается в масштабе карты, а ширина на карте – вне масштаба.

Пояснительные условные знаки служат для дополнительной характеристики изображаемых на карте местных предметов (например, длина. Ширина, грузоподъемность моста, высота деревьев в лесу и т.д.).

Различные надписи и собственные названия объектов на картах также носят пояснительный характер; каждая из них выполняется установленными шрифтом и буквами определенного размера.

Рельеф местности на топографических картах и планах изображается следующими методами: *методами штрихов, отмывки, цветной пластик, отметок или горизонталей.*

Порядок выполнения работы

Задача №1. Выполнение задачи сводится к заполнению таблицы условных знаков. Условные знаки выбираются из учебного пособия «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500». Всего каждого вида необходимо выбрать по 5-6 знаков.

Задача №2. Выполнение задачи сводится в вычерчивании в цветы фрагмента карты или плана. Фрагмент выдается преподавателем.

Задача №3. Закодируйте условными знаками текст:

Отпристанинарекемы пошли подеревянному мостудопоселка. Прошли мимошколы,фабрики и вышли нашоссе. Пересекли его и пошли вдольжелезнодорогимимофруктового сада. Скоро началсясмешанный лес. Выйдя клинии электропередачи, мы свернули напросеку, прошли мимодома лесника, черезовраг. Наконец, лес расступился и мы вышли кболотистомуберегуозера. Пройдя черезлугикустарник, мы увиделиродник– цель нашего пути!

Решение этой задачи сводится к выбору соответствующего знака из учебного пособия «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» и вставки в основной текст.

Контрольные вопросы

1. Что такое условный знак? Приведите примеры
2. Какие условные знаки бывают? Приведите примеры.
3. Назначение условных знаков и требования предъявляемые к ним.
4. Типы условных знаков.
5. Масштабные условные знаки.
6. Внемасштабные условные знаки.
7. Линейные условные знаки.

Практическое занятие №5. Разграфка и номенклатура топографических карт

Цель работы: Освоить методику получения и обозначения топографических карт с учетом заданных масштабов.

Материалы и принадлежности: Топографическая карт, индивидуально каждому студенту, схема рядов и колонн на территорию РФ.

Содержание практического занятия

1. Показать на схемах в пределах листа карты масштаба 1:1000000 расположение листов карт масштаба 1: 500000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100000. Указать географические координаты углов рамок трапеций в градусах и минутах для каждого листа.

2. Определить номенклатуру листа карты заданного масштаба, если известны географические координаты точек расположенных на этом листе.

Основой для разграфки топографических карт указанных масштабов является лист карты масштаба 1:1000000. Он получается в результате деления поверхности земного шара параллелями через 40° и меридианами через 6° .

Параллель-след сечения поверхности Земли плоскостью, параллельной экватору.

Меридиан – окружность проходящая через северный и южный полюса Земли и перпендикулярная плоскости экватора.

Колонна- поверхность между двумя соседними меридианами. Колонны нумеруются слева направо от начального меридиана арабскими цифрами.

Ряд-поверхность между двумя соседними параллелями. Ряды обозначаются латинскими буквами к северу и югу от плоскости экватора.

Схема рядов и колонн представлена на Рисунке 1.

Таким образом, лист карты масштаба 1:1000000 имеет номенклатуру, Размеры рамок миллионного листа по широте $\Delta\varphi=4^\circ$, по долготе - $\Delta\lambda=6^\circ$.

Лист карты масштаба 1:500 000 получается в результате деления миллионного листа карты на четыре части (Рисунок 2), и каждая часть обозначается заглавными буквами русского алфавита.

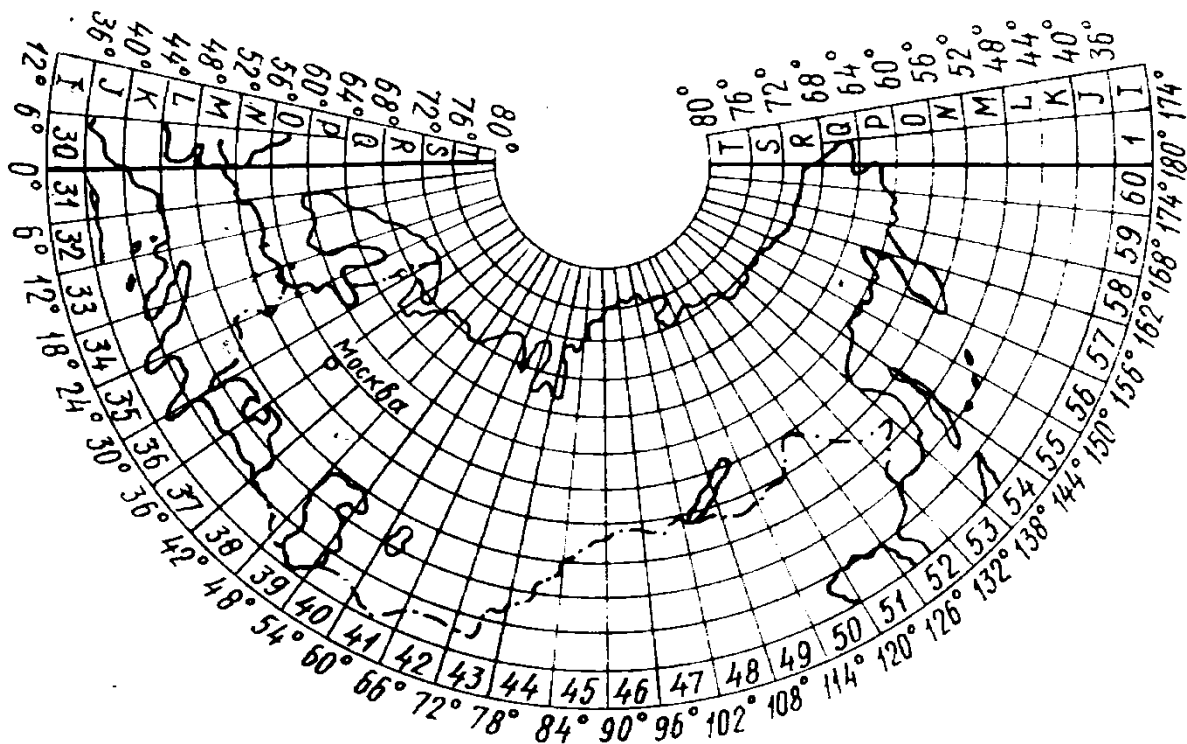


Рисунок 1. Схема рядов и колонн

Номенклатура листа карты масштаба 1:500 000 получается в результате добавления к номенклатуре листа карты масштаба 1:1 000 000 соответствующей буквы выбранного листа. Размер по широте - $\Delta\varphi=2^\circ$, по долготе - $\Delta\lambda=3^\circ$.

Листы карт масштабов 1: 1:200 000 и 1: 100 000 получаются в результате деления листа карты 1:1 000 000 на соответственно 9, 36 и 144 части (Рисунок 2).

Листы карты масштабов 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000 получаются в результате деления предыдущего листа карты на соответствующее число. Так лист карты масштаба 1:50 000 получается при делении листа карты масштаба 1:100 000 на 4 части. При этом к номенклатуре полученного листа карты добавляются большие буквы русского алфавита.

Лист карты масштаба 1:25 000 получается при делении листа карты 1:50 000 на 4 части, каждая из которых обозначается маленькими буквами русского алфавита а, б, в, г.

Лист карты масштаба 1:10 000 получается при делении листа карты масштаба 1:25000 на 4 части. Части обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, 4. Размеры рамок составляют $\varphi=2'30''$; $\lambda=3'45''$.

Лист карты масштаба 1:5 000 получается в результате деления листа карты масштаба 1:100 000 на 256 частей. Части обозначаются арабскими цифрами.

Лист карты масштаба 1:2 000 получается при делении листа карты масштаба 1:5 000 на 9 частей, которые обозначаются маленькими буквам русского алфавита от "а" до "и".

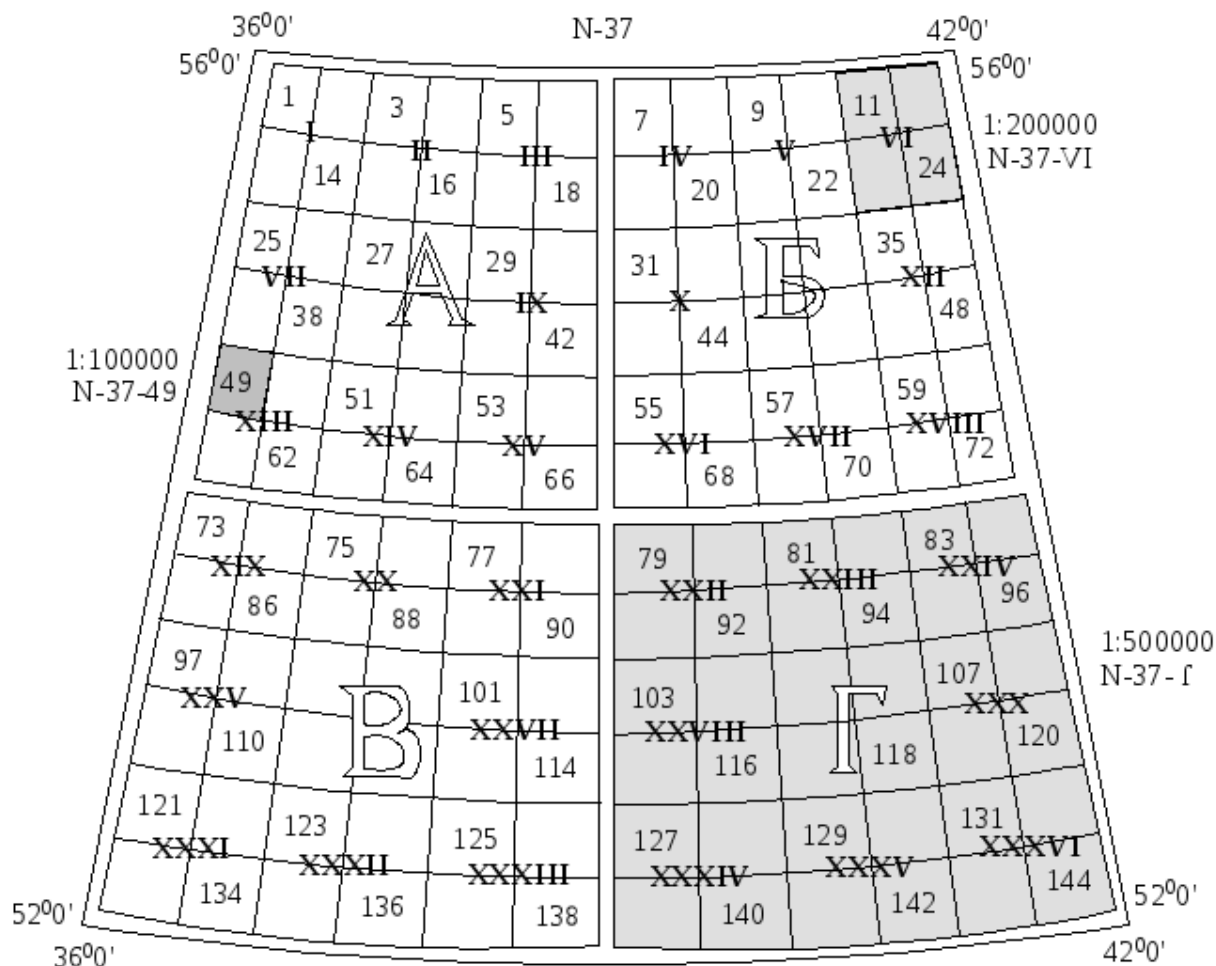


Рисунок 2. Расположение и порядок нумерации листов карт масштабов 1:500000, 1:200000, 1:100000

Данные о размерах отдельных листов топографических карт в зависимости от их масштаба и образцы номенклатуры приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Масштаб	Размер листа		Образцы номенклатуры
	по широте	по долготe	
1:1 000 000	4°	6°	М-41
1:500 000	2°	3°	М-41-А
1:200 000	40'	1°	М-41-XXX
1: 100 000	20'	30'	М-41-60
1:50 000	10'	15'	М-41-60-Б
1:25 000	5'	7'30"	М-41-60-Б-Г
1:10 000	2'30"	3'45"	М-41-60-Б-Г-1
1:5 000	1'15"	1'52.5"	М-41-60-(256)
1: 2000	25"	37.5"	М-41-60-(256-и)

Порядок выполнения работы

Решение задачи №1 сводится к выбору из соответствующего рисунка с вариантом "своей" номенклатуры.

Например. Необходимо показать, как получается лист масштаба 1:10000 с номенклатурой Р-47-144-Г-г-3. Схема определения показана на Рисунке 3

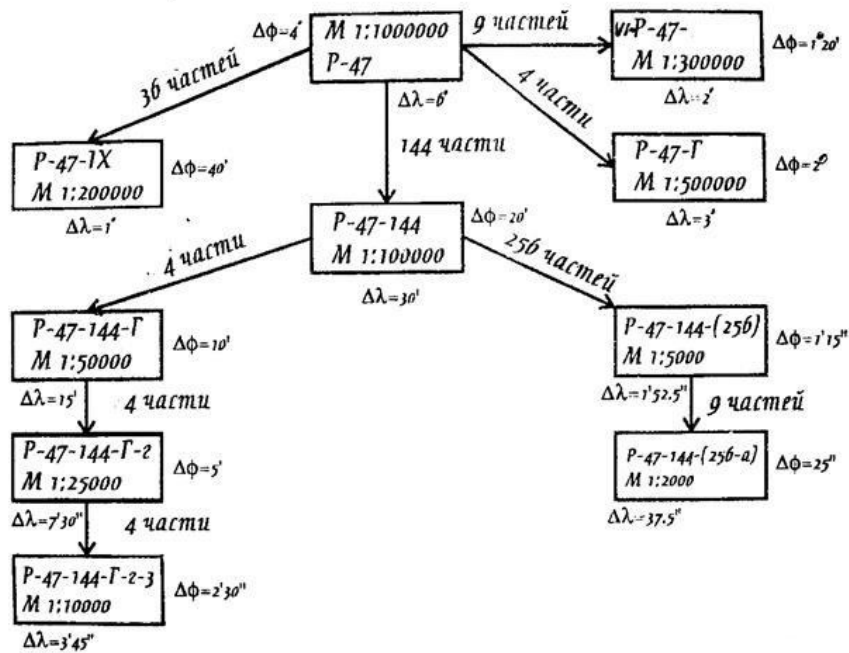


Рисунок 3. Схема определения масштаба 1:10 000 с номенклатурой P-47-144-Г-3

Задачи №2. Требуется определить номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000, на котором находится пункт с широтой $\varphi = 54^{\circ}22'$ и долготой $\lambda = 36^{\circ}15'$.

Определяем к листу к какому листу миллионного масштаба относится данный лист. Для этого разделим долготу и широту на соответствующие значения размеров листа согласно таблице 1.

$36^{\circ}15' \div 6^{\circ} = 6 + (15' \text{ востатке})$ – значит номер зоны в котором находится лист равен 7, а номер колонны на 30 единиц больше, т.е. 37. (см. Рисунок 1)

$54^{\circ}22' \div 4^{\circ} = 13 + (2^{\circ}22' \text{ востатке})$ – значит номер пояса 14. Что соответствует букве N латинского алфавита. Следовательно номенклатура миллионного листа N-37. (см. рис.1)

Так как долгота западной рамки этого листа равна 36° , а длина рамки листа масштаба 1:100 000 равна $30'$ (см. Таблицу 1), то имеем

$$\frac{36^{\circ}15' - 36^{\circ}}{30'} = 0,5$$

Значит, лист масштаба 1:100 000 лежит в 1 колонне листа N-37. (Рисунок 2)

По широте северной рамки последнего ($\varphi = 56^{\circ}$).аналогично находим

$$\frac{56^{\circ} - 54^{\circ}22'}{20'} = 4 + (18' \text{ востатке})$$

Значит, требуемый лист лежит в пятом горизонтальном ряду листа N-37. Откуда номер листа масштаба 1:100 000 будет 49. Значит номенклатура искомого листа N-37-49.

Контрольные вопросы:

1. Лист карты какого масштаба составляет основу разграфки и номенклатуры топокарт в РФ?
2. Топографические карты, каких масштабов применяются в нашей стране?
3. Что называется номенклатурой и Разграфкой топокарт.
4. Как получают листы карт М 1:1.000.000, 1:500.000, 1:200.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:200.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000.
5. Что такое Ряд и Колонна?
6. Что такое карта?
7. Что такое План?

Практическое занятие №6. Чтение рельефа по карте и решение задач: определение отметок точек, вычисление уклонов линий.

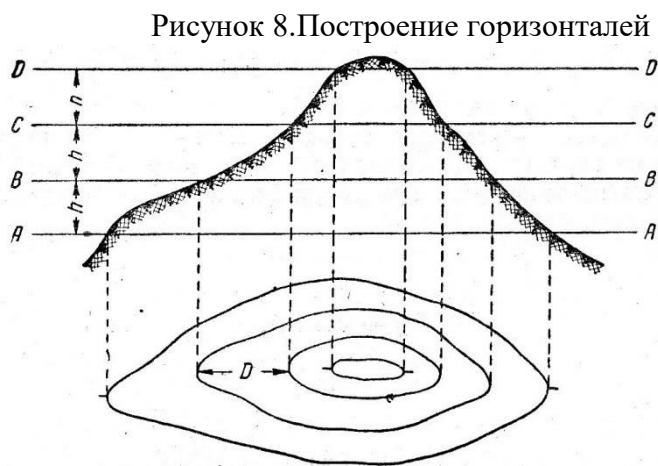
Цель работы: Приобрести практические навыки по чтению рельефа местности, изображённого горизонталями; определению отметок точек, уклонов линий

Материалы и принадлежности: Учебные топографические карты М 1:10000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными тремя точками А, В, С, соединёнными линиями в треугольник.

Содержание практического занятия

1. Чтение рельефа по карте.
2. Определить отметки точек на карте с горизонталями.
3. Определить уклоны линий.

На топографических картах для изображения рельефа применяется *способ горизонталей* (Рисунок 8).



Горизонталью называется кривая линия, соединяющая точки с равными отметками на местности.

Горизонтали получаются как проекции на горизонтальную плоскость линий сечения местности уровнями поверхностями, равноудалёнными друг от друга.

На Рисунке 8 изображение рельефа холма дано с помощью горизонталей. Если мысленно расцезь этот холм горизонтальными поверхностями АА, ВВ, СС, ДД, то линии, полученные от пересечения этих поверхностей с земной поверхностью, спроецированные на горизонтальную плоскость и будут горизонталями.

На планах и картах необходимо определить изображённые формы рельефа, понижение или повышение его. Это возможно по отдельным подписанным отметкам горизонталей или по бергштрихам, представляющих собой чёрточки-штрихи, проведённые перпендикулярно к горизонталям в направлении вниз по скату, т.е. в сторону понижения рельефа.

Рельеф в природе состоит из различных сочетаний основных форм, каждая из которых имеет свои особенности. Основные формы рельефа земной поверхности, следующие: гора, котловина, хребет, лощина, седловина (Рисунок 9).

На Рисунке 9 показаны отличительные особенности форм рельефа по бергштрихам. Но для решения инженерных задач по карте необходимо знать отметки горизонталей. Они всегда кратны высоте сечения рельефа «h».

Высотой сечения рельефа называется отвесное расстояние между соседними горизонталями.

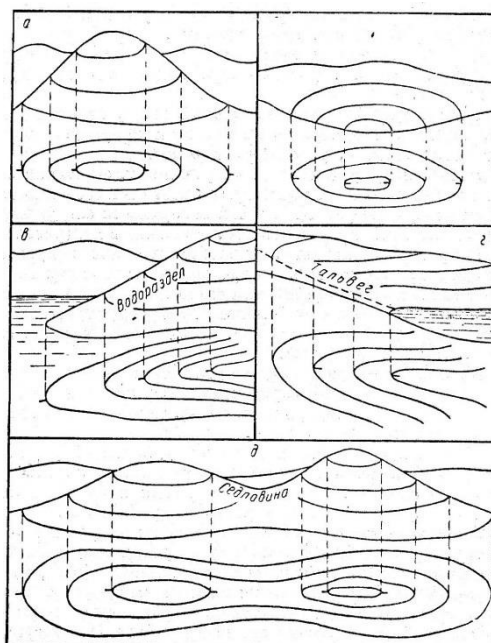


Рисунок 9. Основные формы рельефа земной поверхности

На учебных топографических картах $h = 2,5$ м, отметки отдельных горизонталей подписаны кратно 5 или 10 м. Определить отметки любой горизонтали легко, используя бергштрихи и зная правило их подписи: *цифры отметок горизонталей ставят основанием в сторону понижения рельефа*. Поэтому, понижение или повышение местности можно установить от одной подписанной отметки горизонтали на карте.

Порядок выполнения работы

Выполнение заданий 1-4 по расчётным и графическим частям этих пунктов практического занятия подробно изложены в главах методического пособия к расчётно-графической работе по теме: «Задачи, решаемые на картах», разработанного преподавателем геодезии СГМКСиП Н.А. Лобановой.

Контрольные вопросы

9. Что называется горизонталью? Высотой сечения рельефа?
10. Что называется отметкой точки?
11. Какие существуют основные формы рельефа?
12. По каким признакам можно различить формы рельефа?
13. Как читается правило подписи горизонтали?
14. Как определяются отметки горизонталей?
15. Как определяется отметка точки, лежащей между горизонталями?
16. Что называется уклоном линии, как он определяется?
17. В какой последовательности строится продольный профиль линии, заданной на карте с горизонталями?
18. В каких двух масштабах строится профиль?
19. По какой формуле определяется отметка линии условного горизонта?

Практическое

Практическое занятие №7. Построение профиля по линии, заданной на карте.

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по построению профиля по заданному направлению по карте.

Обеспеченность занятия:

Учебные топографические карты М 1:10 000 или 1 : 25 000 (из расчёта одна карта на 2-х студентов на которой 2 варианта) с заданными тремя точками.

Содержание практического занятия

1. Построить профиль по линии, заданной на карте.

Профиль – это вертикальный разрез рельефа местности по заданному направлению.

Топографические профили местности используются для решения большого числа различных инженерных задач: при составлении предварительных проектов строительства инженерных сооружений линейного типа, при составлении геологических разрезов, при определении на местности линий видимости между выбранными точками, для составления описания рельефа по выбранному маршруту и др.

Построить профиль местности по заданному направлению (направление АВ по карте) – значит выполнить следующий комплекс работ.

Вдоль линии АВ выделите элементарные формы и характерные линии рельефа. Найдите и подпишите горизонтالي.

Найдите и пронумеруйте точки пересечения линии АВ с горизонталями, водораздельными и водосливными линиями.

Оцените максимальную и минимальную высоту по линии профиля.

Задайте горизонтальный и вертикальный масштабы профиля. Горизонтальной линией профиля является ось расстояний, вертикальной линией – ось высот. Масштабы профиля, построенного по топографической карте, по высоте и расстояниям различные. Обычно горизонтальный масштаб профиля равен масштабу топографической карты, с помощью которой он строится, а вертикальный масштаб принимают в 10 раз крупнее горизонтального. Например, масштаб карты 1:50000. Следовательно, горизонтальный масштаб профиля равен 1:50000, а вертикальный масштаб – 1:5000. В некоторых случаях, для большей наглядности, применяют более крупные масштабы высот либо укрупняют и горизонтальный масштаб. В любом случае для основания масштаба рекомендуется выбирать числа: 1; 2; 2,5; 5 (1:1000, 1:200, 1:50 и т.п.).

Постройте оси координат профиля и оцифруйте их в соответствии с выбранными горизонтальным и вертикальным масштабами. Укажите высоту условного горизонта.

Условный горизонт (УГ) – это линия, абсолютная высота которой на графике профиля подбирается так, чтобы между нижней точкой профиля и линией условного горизонта оставалось место для нанесения другой информации, в отношении которой строится сам профиль. Отметку условного горизонта можно рассчитать по формуле:

$$H_{\text{УГ}} = H_{\text{min}} - (\text{от } 6 \text{ до } 10 \text{ м}),$$

где H_{min} - наименьшая отметка точки профиля.

Полученную отметку $H_{\text{УГ}}$ округляют до ближайшего целого числа. Условный горизонт на рисунке 1 равен 135 м.

Вычертите нижнюю часть сетки профиля. Форма и размеры сетки (боковика) показаны на Рис. 1. Боковик (сетку профиля) располагают в левой нижней части листа формата А3, отступив от нижнего края 2–3 см, от левого края не менее 2 см.

Отметка поверхности земли, м	15
Номера точек	10
Расстояния, м	10
Уклон, i	10

Рис. 1. Боковик профиля

Отложите на горизонтальной линии отрезки А-1, 1-2, 2-3 и т. д. (рис.2). Концы отрезков пронумеруйте (1, 2, 3 и т.д.). Номера точек впишите в графу «номера точек» сетки профиля.

Расстояния между точками определите согласно масштаба и впишите в графу «Расстояния»

Практическое занятие №8. Решение прямой и обратной геодезических задач.

Цель работы: Приобрести практические навыки в вычислении координат точек, дирекционных углов и длин линий.

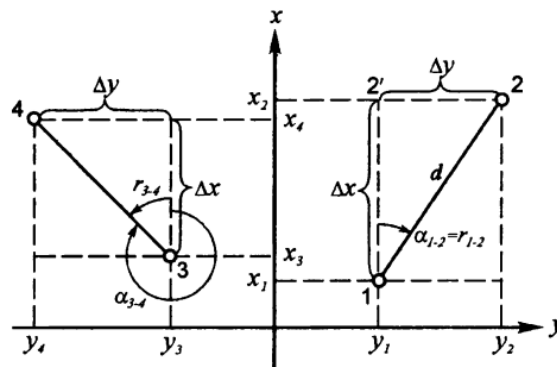
Материалы и принадлежности: Рабочая тетрадь, учебник, конспект, методические рекомендации, инженерный калькулятор.

Содержание практического занятия

1. По выданным исходным данным, решить прямую геодезическую задачу.
2. По выданным исходным данным, решить обратную геодезическую задачу.

Прямая геодезическая задача. Сущность данной задачи: по известным координатам точки **1** (X_1, Y_1) линии 1-2, дирекционному углу этой линии α_{1-2} и ее горизонтальному проложению d_{1-2} требуется определить координаты точки **2** (Рисунок 16).

Рисунок 16. Прямая и обратная геодезические задачи.



Проведя через точки 1-2 линии параллельные координатным осям, получим прямоугольный треугольник 1-2'-2, в котором известна гипотенуза d_{1-2} и острый угол $r = \alpha_{1-2}$. Катеты этого треугольника есть приращения координат ΔX и ΔY , которые могут быть получены по формулам:

$$\Delta X = d_{1-2} \cos \alpha_{1-2}$$

$$\Delta Y = d_{1-2} \sin \alpha_{1-2}$$

Контроль: $d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

Тогда, координаты точки 2 определяются по формуле:

$$X_2 = X_1 + \Delta X$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y$$

Обратная геодезическая задача. По известным координатам точек **3** (X_3, Y_3) и **4** (X_4, Y_4) требуется определить горизонтальное проложение d_{3-4} и дирекционный угол направления α_{3-4} .

Согласно Рисунок 1 и формулам определения приращений, можно записать:

$$\Delta X = X_4 - X_3$$

$$\Delta Y = Y_4 - Y_3$$

По найденным значениям приращений координат, решая прямоугольный треугольник, вычисляют табличный угол:

$$\tan r = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \text{ отсюда } r = \arctan \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|.$$

По знакам приращений координат ΔX и ΔY определяют в какой четверти находится направление. Затем, руководствуясь соотношением между табличными углами и румбами, определяют дирекционный угол направления.

Зная дирекционный угол направления и приращения координат, определяют горизонтальное проложение стороны по формуле:

$$d_{3-4} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{3-4}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{3-4}} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Порядок выполнения работы

Задача №1. Вычислить координаты точки 2, если известны: координаты точки 1 $X_1 = 145,80$ м и $Y_1 = 120,45$ м, дирекционный угол $\alpha_{1-2} = 124^\circ 18'$ и горизонтальное проложение стороны 1-2 $d_{1-2} = 92,15$ м.

По известному дирекционному углу определяем румб линии 1-2 и знаки приращения координат, пользуясь таблицей связи дирекционного угла и румба.

r - ЮВ, т.к. $90^\circ < 124^\circ 18' (\alpha) < 180^\circ$, вторая четверть;

$$r_{1-2} = 180^\circ - \alpha_{1-2} = 180^\circ - 124^\circ 18' = 55^\circ 42'$$

Определяем приращения по формулам:

$$\Delta X = d_{1-2} \cos r_{1-2} = 92,15 \cdot \cos 55^\circ 42' = 51,93 \text{ м}$$

$$\Delta Y = d_{1-2} \sin r_{1-2} = 92,15 \cdot \sin 55^\circ 42' = 76,12 \text{ м}$$

Так как во второй четверти ΔX – отрицательный, а ΔY – положительный, то искомые приращения равны:

$$\Delta X = -51,93 \text{ м}$$

$$\Delta Y = 76,12 \text{ м}$$

$$\text{Контроль: } d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(-51,93)^2 + 76,12^2} = 92,146 \approx 92,15 \text{ м}$$

Определяем координаты точки 2:

$$X_2 = X_1 + \Delta X = 145,80 + (-51,93) = 93,87 \text{ м}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y = 120,45 + 76,12 = 196,57 \text{ м}$$

Задача №2. По известным координатам точки А ($X_A = 247,32$ м; $Y_A = 870,54$ м) и точки В ($X_B = 705,64$ м; $Y_B = -567,83$ м) найти горизонтальное проложение d_{A-B} и дирекционный угол α_{A-B} .

Определяем приращение координат по формулам:

$$\Delta X = X_B - X_A = 705,65 - 247,32 = 458,33 \text{ м}$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A = -567,83 - 870,54 = -1438,37 \text{ м}$$

Определяем румб линии А-В по формуле:

$$r = \arctan \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right| = \arctan \left| \frac{-1438,37}{458,33} \right| = 72^\circ 19' 33''$$

Так как ΔX – положительный, а ΔY – отрицательный, то пользуясь таблицей связи румбов и дирекционных углов. Определяем что румб лежит в четвертой четверти и направление линии АВ–СЗ.

Тогда дирекционный угол равен:

$$r = 360^\circ - \alpha \Rightarrow \alpha = 360^\circ - r = 360^\circ - 72^\circ 19' 33'' = 287^\circ 40' 27''$$

Определяем горизонтальное проложение по формулам:

$$d_{A-B} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{A-B}} = \frac{458,33}{\cos 287^\circ 40' 27''} = 1509,63 \text{ м}$$

$$d_{A-B} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{A-B}} = \frac{-1438,37}{\sin 287^\circ 40' 27''} = 1509,63 \text{ м}$$

$$d_{A-B} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{458,33^2 + (-1438,37)^2} = 1509,63 \text{ м}$$

Задание

Выполнить решение задач. Варианты задач выдает преподаватель.

Контрольные вопросы:

1. Что называется прямой геодезической задачей?
2. Что называется обратной геодезической задачей?

Практическое занятие №9. Ориентирование линии на карте или плане.

Цель работы: Приобрести практические навыки определять дирекционные углы и румбы направлений по картам и планам, а также вычислять истинные и магнитные азимуты.

Материалы и принадлежности: Учебные топографические карты М 1:10000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными тремя точками А, В, С, соединёнными линиями в треугольник.

Содержание практического занятия

1. Определить дирекционные углы, румбы и азимуты заданных направлений на карте (AB, BC, CD).

Ориентированием линии на местности называется определение ее направления относительно какого-либо другого направления, принимаемого за начальное. За начальные принимаются направления (Рисунок 14): N - истинного (географического) меридиана, N_m - магнитного меридиана либо N_o - осевого меридиана зоны, т. е. оси Ox или линии, ей параллельной. В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть азимут (A , A_m), румб или дирекционный угол (α).

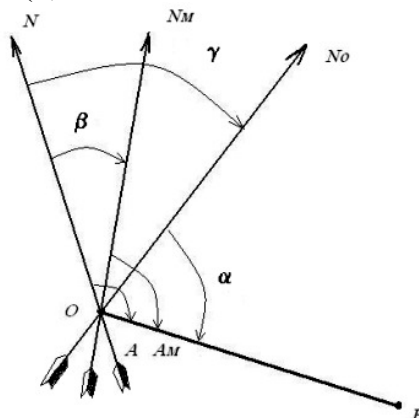


Рисунок 14. Ориентирование линии на местности

Азимут называют горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до заданной линии.

Если угол, отсчитывают от истинного меридиана N , он называется **истинным азимутом** (A); от магнитного меридиана N_m – **магнитным азимутом** (A_m); от осевого меридиана N_o (или оси абсцисс X) - **дирекционным углом** (α).

Румбом (r_1, r_2, r_3, r_4) называют острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до данной линии (Рисунок15). Румбы, как и азимуты, могут быть истинными и магнитными. Существует связь между азимутами и румбами (Таблица 3).

Дирекционным углом (α) называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной (на плане это вертикальные линии координатной сетки), по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

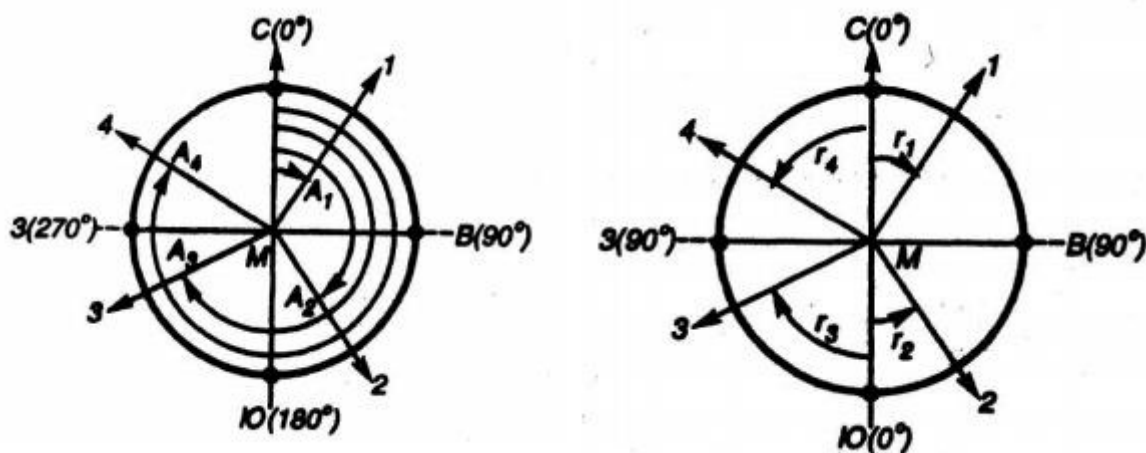


Рисунок 15. Азимуты и румбы направлений в разных четвертях

Таблица 3.

Связь азимуты и румбов

Азимуты	Название четверти	румбы
$0^\circ - 90^\circ$	СВ(I)	$r_1 = A_1$

90°- 180°	ЮВ (II)	$r_2=180^\circ-A_2$
180°- 270°	ЮЗ (III)	$r_3= A_3-180^\circ$
270°- 360°	СЗ (IV)	$r_4 = 360^\circ-A_4$

Измерение дирекционного угла заданной на карте линии производят с помощью транспортира. Для этого продолжают ориентируемую линию до пересечения с ближайшей линией координатной сетки, параллельной оси OX , совмещают центр транспортира с полученной точкой пересечения, а нулевой диаметр транспортира совмещают с положительным направлением оси OX .

Для каждой линии различают прямое и обратное направления. Дирекционные углы (как и азимуты) $\alpha_{пр}$ прямого и $\alpha_{обр}$ обратного направления отличаются на 180° .

$$\alpha_{пр} = \alpha_{обр} \pm 180^\circ$$

Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с истинным в данной точке земной поверхности, образуя с ним некоторый угол δ , называемый склонением магнитной стрелки (см. Рисунок 14). Угол δ отсчитывается от истинного меридиана до магнитного и может быть восточным (со знаком плюс) и западным (со знаком минус). Зная склонение магнитной стрелки в данной точке, можно осуществить переход от магнитного азимута направления к истинному по формуле:

$$A = A_M + \delta$$

Угол γ , на который линия координатной сетки, параллельная оси OX , отклоняется от истинного меридиана данной точки (вследствие сферичности Земли), называется сближением меридианов (см. рис.1). Как и склонение, сближение может быть восточным (положительным) или западным (отрицательным).

Сведения о величинах сближения меридианов и магнитного склонения, а также схема взаимного расположения истинного, магнитного и осевого меридианов приводится в зарамочном оформлении карты в левом нижнем углу.

Измерив, дирекционный угол α заданной на карте линии, вычисляют ее истинный и магнитный азимуты по формулам:

$$A = \alpha + \gamma$$

$$A^M = \alpha + \gamma - \delta$$

Порядок выполнения работы

Измеряем дирекционный угол заданной линии АВ с помощью транспортира и вписываем данные с карты о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов.

$$\alpha_{AB} = 102^\circ; \gamma = 2^\circ 11' - \text{восточное}; \delta = 1^\circ 54' - \text{западное.}$$

$$\text{Тогда: } \alpha_{пр} = \alpha_{обр} \pm 180^\circ = \alpha_{AB} + 180^\circ = 102^\circ + 180^\circ = 282^\circ$$

Азимуты:

$$A = \alpha + (+\gamma) = 102^\circ + (+2^\circ 11') = 104^\circ 11'$$

$$A^M = \alpha + (+\gamma) - (-\delta) = 102^\circ + (+2^\circ 11') - (-1^\circ 54') = 106^\circ 05'$$

Румбы:

r - ЮВ, т.к. $90^\circ < 104^\circ 11'(A) < 180^\circ$, вторая четверть;

$$r = 180^\circ - A = 180^\circ - 104^\circ 11' = 75^\circ 49'$$

r_M - ЮВ, т.к. $90^\circ < 106^\circ 05'(A) < 180^\circ$, вторая четверть;

$$r_M = 180^\circ - A_M = 180^\circ - 106^\circ 05' = 73^\circ 55'$$

Аналогично вычисляем для направлений ВС и CD.

Контрольные вопросы

2. Что называется ориентированием линии на карте или плане?
3. Что называется азимутом?
4. Что такое дирекционный угол?
5. Что такое румб?
6. Связь азимутов и румбов.

Практическое занятие №10. Измерение длин линий стальной рулеткой. Обработка результатов измерений.

Цель работы: Приобрести практические навыки при измерении расстояния рулетками и освоить порядок обработки их результатов.

Материалы и принадлежности: металлическая рулетка, рабочая тетрадь, конспект, методические рекомендации, инженерный калькулятор.

Содержание практического занятия

1. Решение задач на вычисление длины линии.

Механические мерные приборы представляют собой линейные отрезки различной длины, изготовленные чаще всего из металла в виде лент, рулеток, проволок.

Ленты землемерные выпускаются двух типов: ЛЗ - лента землемерная и ЛЗШ - лента землемерная шкаловая. Существуют ленты длиной 20, 24 и 50 м.

В комплект к штриховым лентам входят стальные шпильки.

Относительная ошибка измерения линий лентами в зависимости от методики и условий измерений равняется 1/1000 - 1/3000.

Рулетки. Для измерений в строительстве наиболее удобны стальные рулетки типов: РС - рулетка самосвертывающаяся; РЖ - рулетка желобчатая; РЗ - рулетка в закрытом корпусе; РК - рулетка на крестовине.

Изготавливаются рулетки стальные, пластмассовые и тесмяные длиной 5, 10, 20, 50 и 100 м.

Стальные и пластмассовые компарированные рулетки служат для точных измерений линий и привязки капитальных сооружений, тесмяные - для обмера сооружений и элементов местности.

Относительная ошибка измерения линий рулетками составляет 1/1000 - 1/20000 в зависимости от класса рулетки, условий и методики измерений.

К механическим мерным приборам относятся также **мерные проволоки** и **длинномеры**, но на строительной площадке они практически не используются.

Суть линейных измерений (измерения расстояний) механическими мерными приборами состоит в определении длины линии **D** путем сравнения ее с длиной мерного прибора. Это достигается последовательным укладыванием мерного прибора в створе линии, т.е. вертикальной плоскости, проходящей через ее конечные точки. Длина линии определяется по формуле:

$$D = L \cdot n + r$$

где L – длина мерного прибора, n – количество раз, которое укладывался мерный прибор, r – расстояние между концом мерного прибора и конечной точкой линии.

Определение длины линии включает три этапа: подготовку, измерение и вычисление.

Подготовка линии к измерению состоит в расчистке и планировке трассы, закреплении и вешении.

Линии на местности закрепляются в зависимости от назначения металлическими стержнями, специальными геодезическими центрами, столбиками, кольями или вехами, устанавливаемыми в начале и конце измеряемого отрезка.

При измерении длинных линий бывает недостаточно двух вех. Для обозначения на местности такой линии в ее створе - вертикальной плоскости, проходящей через ее конечные точки, устанавливают несколько дополнительных вех на расстоянии 50 - 100 м в зависимости от рельефа местности.

Перед началом работ все мерные приборы обязательно компарируют. **Компарирование** - это определение фактической длины мерного прибора путем его сравнения с эталоном.

Разность между фактической длиной L мерного прибора и длиной l_0 эталона называется **поправкой за компарирование:**

$$\Delta l_k = L - l_0$$

Поправка в измеренную линию ΔD_k определяется по формуле:

$$\Delta D_k = \frac{D}{l} \Delta l_k$$

где D - измеренная длина линии, l - номинальная длина мерного прибора, мм.

Измерение линии выполняют два исполнителя, один из которых устанавливает нулевой штрих прибора в начальной точке, а другой укладывает его в створе линии и, выровняв прибор по

высоте, отсчитывает длину или, закрепив положение второго конца прибора, протягивает его по створу и продолжает измерение.

Для исключения грубых ошибок и повышения точности измерения выполняется дважды: в прямом и обратном направлениях.

Если измеряемая линия имеет уклон, то для определения ее горизонтального проложения (проекция измеряемой линии на горизонтальную плоскость) на местности измеряют длину линии D и ее угол наклона ν теодолитом. Тогда горизонтальная проекция d определится по формуле:

$$d = D \cos \nu$$

Поправка за наклон линии к горизонту определяется по формуле:

$$\Delta D_\nu = D - d = D - d \cos \nu = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}$$

Необходимо иметь в виду, что, чем больше угол наклона линии, тем точнее его нужно определять, т. к. ошибка с увеличением угла быстро возрастает.

При точных измерениях обязательным является учет **поправки за температуру**, которая вычисляется по формуле:

$$\Delta D_t = DK(t_n - t_k)$$

где K – коэффициент линейного расширения стали, равный $12 \cdot 10^{-6}$, $t_n - t_k$ – температуры при измерении и компарировании ($t_k = +20^\circ\text{C}$).

Вычислить линию – это значит найти наиболее вероятное ее значение d с учетом всех перечисленных поправок по уравнению:

$$d = D - \Delta D_\nu + \Delta D_k + \Delta D_t$$

Ошибки длин линий не должны превышать величин, указанных в инструкции для данного вида работ.

Порядок выполнения работы

Задача №1. Землемерной лентой, откомпарированной при температуре $t_k = +19^\circ\text{C}$, измерена линия при температуре $t_n = 25^\circ\text{C}$. Длина линии оказалась $D = 267,25$ м. определите длину линии D_0 с учетом поправки на температуру.

Определяем поправку за температуру

$$\Delta D_t = DK(t_n - t_k) = 267,25 \cdot 12 \cdot 10^{-6}(25^\circ - 19^\circ) = 0,019 \text{ м}$$

Определяем длину линии с учетом поправки за температуру:

$$D_0 = D + \Delta D_t = 267,25 + 0,019 = 267,27 \text{ м}$$

Задача №2. Длина измеренной наклонной линии $D = 242,56$ м, угол наклона $\nu = 7^\circ 30'$. Температура измерения $t_n = 27^\circ$. Землемерная лента прокомпарирована при $t_k = +18^\circ\text{C}$, имеет отклонение от контрольной 20-ти метровой ленты $l_0 = +0,02$ м. Определить горизонтальное проложение линии на местности с точностью до 0,01 м.

Горизонтальное проложение с учетом всех поправок определяем по формуле:

$$d = D - \Delta D_\nu + \Delta D_k + \Delta D_t$$

Определяем поправку за наклон

$$\Delta D_\nu = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2} = 2 \cdot 242,56 \sin^2 \frac{7^\circ 30'}{2} = 2,075 \text{ м}$$

Определяем поправку за компарирование

$$\Delta D_k = \frac{D}{l} \Delta l_k = \frac{242,56}{20} 0,02 = +0,24 \text{ м}$$

Определяем поправку за температуру

$$\Delta D_t = DK(t_n - t_k) = 242,25 \cdot 12 \cdot 10^{-6}(27^\circ - 18^\circ) = 0,03 \text{ м}$$

С учетом вычисленных поправок получаем

$$d = D - \Delta D_\nu + \Delta D_k + \Delta D_t = 242,56 - 2,075 + 0,24 + 0,03 = 240,76 \text{ м}$$

Контрольные вопросы:

1. Что называется компарированием ленты или рулетки?
2. Какие поправки вносят в измеренное расстояние?
3. Что называется поправкой за компарирование?
4. Что называется поправкой за температуру?
5. Что называется поправкой за наклон?

6. Что означает вычислить линию?

Практическое занятие №11. Устройство лазерной рулетки. Измерение длин линий лазерной рулеткой. Обработка результатов измерений.

Цель работы: Изучить устройство лазерной рулетки. Приобрести практические навыки при измерении расстояния лазерными рулетками и освоить порядок обработки их результатов.

Материалы и принадлежности: лазерная рулетка, рабочая тетрадь, конспект, методические рекомендации, инженерный калькулятор.

Содержание практического занятия

1. Решение задач на вычисление длины линии.

Лазерная рулетка DISTO D5 представляет собой небольшой прибор, весом всего около 200 г и размерами около 150х55х30 мм (рис. 1).

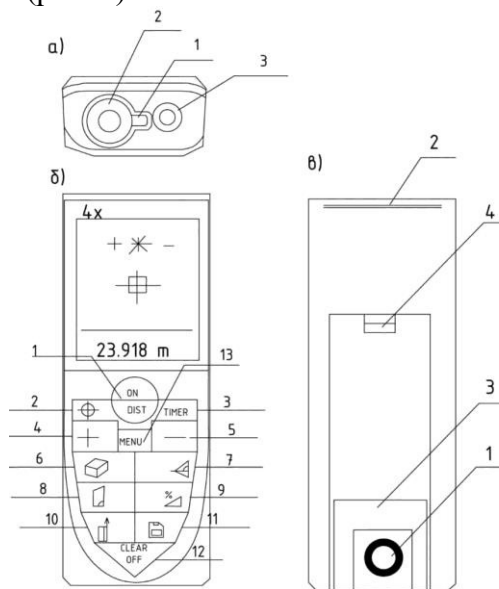


Рис.1. Внешний вид DISTO D5: а- вид спереди; б- вид сверху; в- вид снизу

Источник лазерного излучения (рис. 1 а, поз. 1) направляет модулированное лазерное излучение оптического диапазона на предмет, до которого измеряется расстояние.

Источник излучения включается клавишей «1», расположенной на лицевой панели прибора. Отражённый сигнал улавливается приёмником поз.2. и обрабатывается микропроцессором прибора. После вычислительной обработки результат измерения высвечивается на дисплее (рис.1 б).

Прибор имеет цифровой видоискатель, объектив которого (рис. 1 а, поз.3) находится рядом с излучателем. Включение камеры видоискателя производится клавишей «2». Повторное нажатие этой клавиши включает zoom, сначала х2, а затем х4. Яркость изображения может регулироваться кнопками 4 + и 3-.

Измерение длины завершается повторным нажатием «1». Повторное нажатие «1» приводит к последующему измерению. Результаты измерений накапливаются на дисплее прибора.

Выключение питания производится клавишей «12», при длительном нажатии.

Крепление прибора к различным аксессуарам может производиться с помощью резьбового соединения «поз. 1», рис. 1 в. Опорное ребро, «поз 2» обеспечивает фиксированный контакт с поверхностью аксессуара. Упорная пластина «поз. 3», рис. 1 в может поворачиваться на 90° и жёстко позиционировать начало отсчёта длин.

На рис. 1 б показана основная клавишная панель. Назначение элементов следующее.

1. Клавиша ON/DIST (Вкл./Измерение)

2. Клавиша цифрового видоискателя
3. Клавиша таймера
4. Клавиша "плюс" (+)
5. Клавиша "минус" (-)
6. Клавиша Площадь/Объем
7. Клавиша Косвенные измерения (по теореме Пифагора)
8. Клавиша Трапеция
9. Клавиша функций
10. Клавиша Т очка отсчета
11. Клавиша памяти/память
12. Клавиша Стереть/выкл
13. Клавиша Меню/итог

Измерение наклонных расстояний

В лазерной рулетке Disto D5 есть 3 вида измерений расстояний: одиночное измерение расстояний, измерение минимальных/максимальных расстояний и непрерывный лазер.

Одиночное измерение представляет собой самый простой вид измерений. При нажатии кнопки On/Dist лазер активируется. Наводим на нужную цель и повторно нажимаем кнопку On/Dist. Результат измерения сразу отображается на дисплее. При этом каждое измерение мы выполняем последовательно, независимо друг от друга.

Функция измерения минимальных/максимальных расстояний даёт возможность пользователю проводить измерения максимального или минимального расстояния от исходной точки, относительно которой и проводятся измерения. Помимо этого данная функция применима для определения интервалов расстояний. Однако чаще всего её используют для измерения нормалей до вертикальных поверхностей, что составляет минимальное расстояние, и диагоналей - максимальное расстояние.

Чтобы произвести измерение нажимаем на кнопку On/Dist и удерживаем её до характерного звукового сигнала. Далее перемещаем луч вверх и вниз в области цели (к примеру, в один из углов комнаты) или же вправо - влево.

Для отключения режима измерения нажимаем на кнопку On/Dist. Все значения расстояний (как максимального, так и минимального) будут отражены на дисплее дальномера вместе с последним значением измерения в итоговой строке.

Для переключения на функцию непрерывного лазера нажимаем и удерживаем кнопку On/Dist до того момента, пока не отобразится постоянно специальный знак в виде луча на дисплее, в этот момент прозвучит характерный сигнал. Это означает, что прибор готов к использованию данной функции непрерывный лазер. Теперь можно начинать измерения. Впредь после каждого нажатия кнопки On/Dist дальномер измерит расстояние и сохранит его в памяти.

Для прекращения работы прибора и отмены функции постоянного лазера нажимаем на кнопку Clear/Off и некоторое время удерживаем её нажатой.

Следует помнить, что если лазер остается работать в непрерывном режиме, то через 15 минут работы прибор отключается автоматически.

Помимо всего прочего, лазерная рулетка Disto D5 может вычислять расстояния косвенно по теореме Пифагора. Такая процедура незаменима в случаях, когда нет возможности напрямую измерить расстояние. Для достижения хорошего результата необходимо действовать в определенной последовательности и соответствовать всем правилам выполнения измерений. При этом все, измеряемые нами точки, должны быть в одной и той же вертикальной или горизонтальной плоскости.

Наилучший результат будет достигнут, если в ходе измерений рулетка будет поворачиваться вокруг фиксированной точки. Очень полезной функцией здесь служит измерение минимальных расстояний. Она позволит измерять перпендикуляры и прочие расстояния до цели.

Ещё один вид косвенного измерения применяется для определения ширины или же высоты здания посредством двух дополнительных измерений. Для этого нажимаем на кнопку измерения расстояния, при этом на дисплее появится соответствующий значок. Наводим лазер на одну из точек и делаем измерение. Оно сохранилось автоматически. В процессе работы стараемся сохранять положение прибора максимально близко к горизонтальному. Далее нажимаем кнопку непрерывного измерения и перемещаем луч прибора в разные стороны в области нашей цели.

Нажмем On/Dist для отключения функции непрерывного измерения. Все результаты отобразятся на дисплее в итоговой и вспомогательных строках.

Для получения дополнительной информации об углах треугольника нужно нажать кнопку измерения углов. Аналогично проводится определение расстояний с использованием 3 измерений, только в самом начале на кнопку измерения расстояний нажимают дважды, а после отключения функции непрерывного измерения проводят дополнительное измерение на противоположную точку.

Измерение углов наклона и горизонтальных проложений линий

Лазерный дальномер Disto D5 оснащен встроенным датчиком наклона, при помощи которого мы можем измерять углы наклона до 45° как в положительном, так и в отрицательном направлениях. Эта функция будет особенно полезна при измерении горизонтальных проложений до цели, которая загорожена от нас и что-то препятствует нашему прямому измерению. Поэтому в данной ситуации стоит прибегнуть к косвенным измерениям.

Перед первым измерением следует выполнить калибровку датчика наклона для более точных показаний прибора. Производят два измерения на ровной горизонтальной поверхности. Для этого в подменю выбора программ включаем режим калибровки прибора и выполняем первое измерение на горизонтально выровненной поверхности. При этом прибор должен подтвердить действие знаком \wedge (галочки). Развернув прибор на 180° в горизонтальной плоскости, подтверждаем действие нажатием клавиши Menu. Нажимаем кнопку On/Dist, выполняем следующее измерение. При этом прибор снова должен подтвердить измерение знаком \wedge (галочки). Теперь датчик наклона откалиброван и можно приступить к измерениям.

При измерении угла наклона появившийся на дисплее код $i\ 160$ информирует нас о невозможности измерения угла, так как его значение выходит за допустимые пределы значений углов, внесенные в настройки прибора, то есть более 45° .

При проведении работ с прибором для измерения угла наклона дальномер необходимо размещать без поперечного отклонения. При этом для правильной работы максимальное отклонение составляет $\pm 10^\circ$. Если же поперечный наклон не входит в допустимый предел, то на дисплее появится код $i\ 156$, что информирует нас об ошибке положения прибора с наклоном выше допустимого.

Единицы измерения наклона задаются в меню. Disto D5 может измерять углы в градусах ($\pm 0,0^\circ$), процентах (0,00%), в промилле (мм/м) и (дюймов/фут).

Для включения датчика наклона нажимаем на кнопку измерения угла в виде треугольника со знаком %, при этом на дисплее появится символ измерения угла. Единицы, в которых отображается наклон, зависят от настроек прибора.

Нажимаем кнопку On/Dist для выполнения измерения наклона и расстояния. При этом измеренное расстояние будет не прямое расстояние по горизонтали, а фактическое, зависящее от угла наклона. Соответственно при изменении угла наклона будет меняться и расстояние.

Для измерения горизонтального проложения (прямое расстояние по горизонтали) дважды нажимаем кнопку измерения угла в виде треугольника со знаком %, при этом на дисплее появится соответствующий данной функции символ. После нажатия на кнопку On/Dist произойдет измерение наклона и расстояния. Конечное значение расстояния и будет горизонтальным проложением, которое прибор вычислит автоматически с использованием угла наклона. Для получения дополнительной информации о выполненном измерении нажмем и удержим кнопку измерения угла в виде треугольника со знаком %, при этом на дисплее отобразится вся информация, связанная с измерением: расстояние, угол наклона и высота.

Порядок работы

Изучение прибора проводится в три этапа.

1. Предварительное ознакомление с лазерным прибором производится в учебной аудитории. Прибор используется в «ручном» безотражательном режиме. Выполняются операции включения, измерения наклонных расстояний, выключения.
2. Измерения выполняются с фотоштатива при использовании электронного видеоискателя. Измеряются горизонтальные проложения и наклонные расстояния при визировании на марку под потолком аудитории.
3. Результаты измерений наклонных расстояний и горизонтальных проложений записываются в журнале (таблица).

Журнал наблюдений

	Ф.И.О.	Результаты измерений, мм		Время измерений		подпись
		Наклонно	Гор. проложение	Начало	Конец	
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Контрольные вопросы

1. Что можно измерить лазерным прибором Disto D5?
2. Где находится начало отсчёта длин у Disto D5?
3. В каких случаях и как можно использовать таймер дальномера Disto D5?
4. В чём состоит принцип действия электронного видеоискателя?
5. Какие возможны режимы измерения расстояний дальномером Disto D5 и как их реализовать?
6. Как измерить дальномером Disto D5 угол наклона линии и её горизонтальное проложение.

Практическое занятие №12. Изучение устройства теодолитов 4Т30П, 2Т30П; снятия отчетов.*Цель занятия:*

Изучить устройство теодолита, научиться брать отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам, приобрести первичные навыки обращения с теодолитом.

Обеспеченность занятия:

Теодолиты со штативами, планки с точками-целями для наведения, плакаты.

Содержание работы

1. Изучить устройство теодолита 2Т30П, 4Т30П, приведение прибора в рабочее положение.
2. Техника наведения. Снять отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам.

Порядок выполнения работы

Теодолит предназначен для измерения вертикальных и горизонтальных углов, для измерения расстояний и определения магнитных азимутов по буссоли. В соответствии с ГОСТом 10529-86 теодолиты по точности измерения углов разделяются на:

- высокоточные (Т-1)
- точные (Т-2, Т-5)
- технические (Т-15, Т-30)

(цифры – это средняя квадратичная ошибка измерения углов).

Устройство теодолита

Общий внешний вид теодолитов 2Т30П, 4Т30П представлен на рисунке 1 и 2:

теодолит 4Т30П



Рисунок 1. Устройство теодолита

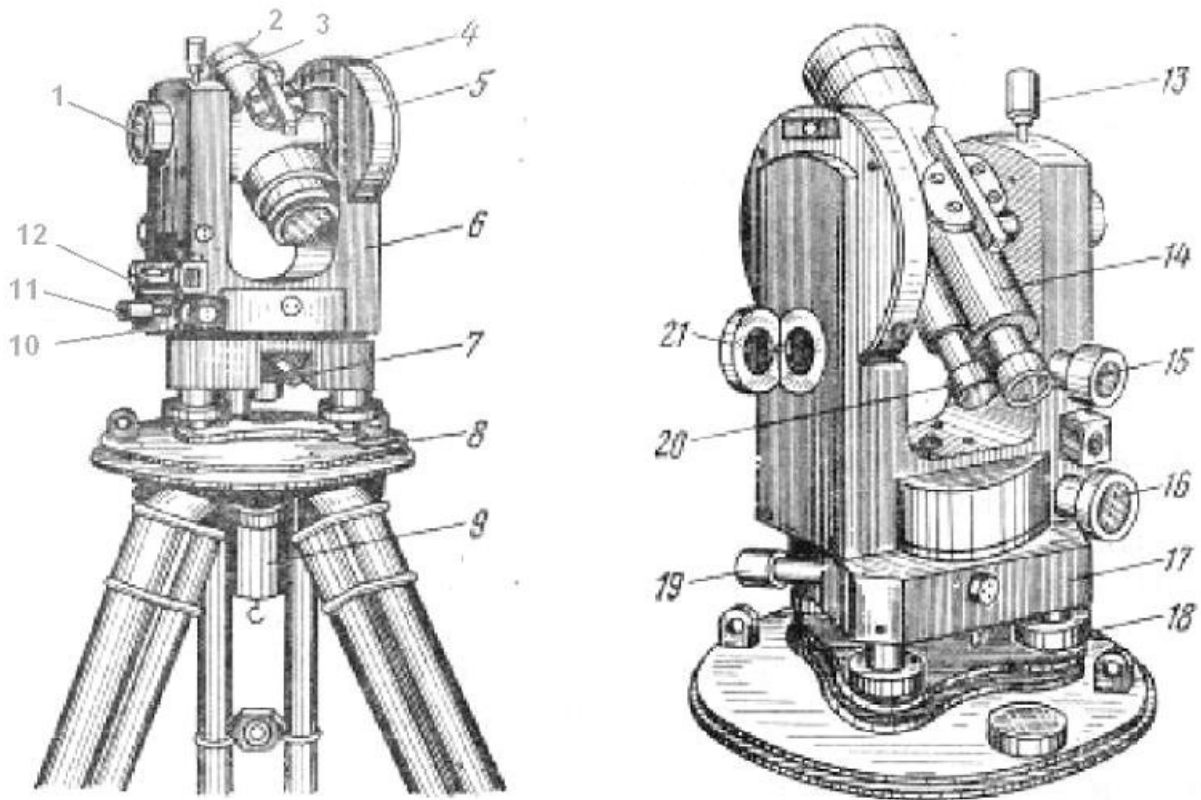


Рис. 2 - Устройство теодолита 2Т30П

1 — кремальера, 2 — диоптрийное кольцо, 3 — колпачок, под которым расположены исправительные винты сетки нитей, 4 — оптический визир, 5 — вертикальный круг, 6 — колонка, 7 — закрепительный винт лимба, 8 — основание футляра, 9 — становой винт, 10 — исправительные винты уровня, 11 — закрепительный винт алидады, 12 — уровень, 13 — закрепительный винт зрительной трубы, 14 — зрительная труба, 15 — наводящий винт зрительной трубы, 16 — наводящий винт алидады, 17 — подставка, 18 — подъемные винты, 19 — наводящий винт лимба, 20 — окуляр микроскопа, 21 — зеркало.

Задание 1

1. Внимательно изучить рисунки 1 и 2. Сравнить оба прибора и определить чем они отличаются.

2. Зарисовать в рабочую тетрадь устройство любого теодолита. Обозначить основные оси и части прибора.

Подготовка теодолита к работе

Перед началом измерений теодолит устанавливается над точкой в рабочее положение.

Для этого сначала ставят штатив так, чтобы центр площадки для установки штатива был примерно над точкой, а плоскость площадки – горизонтальна. Только после этого теодолит закрепляют на штативе, центрируют и горизонтируют прибор.

Полная установка прибора в рабочее положение складывается из его центрирования над точкой, горизонтирования и установки зрительной трубы для наблюдений.

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

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

При центрировании с помощью оптического центрира теодолит перемещают по головке штатива до тех пор, пока в поле зрения центрира центр точки (например, шляпки гвоздя в торце колышка) не совпадет с центром сетки нитей.

Горизонтирование теодолита заключается в приведении оси его вращения в отвесное положение, а следовательно, плоскости лимба — в горизонтальное положение. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием предварительно поверенного цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.

Установка зрительной трубы для наблюдений включает в себя установку трубы и отсчетного микроскопа по глазу наблюдателя и по предмету, т. е. фокусирование трубы по наблюдаемой цели.

Отсчетные устройства и взятие отсчетов

Отсчетом по угломерному кругу называется угловая величина дуги между нулевым **штрихом лимба** и **индексом алидады**. Штрихи лимба, между которыми оказывается индекс, называются младшим и старшим штрихами. Для оценки интервала между младшим штрихом лимба и индексом служат **отсчетные устройства**.

В оптических теодолитах применяются штриховые и шкаловые микроскопы и реже — микрометры. Принцип действия указанных отсчетных устройств основан на способности глаза с высокой точностью воспринимать совпадение штрихов одной шкалы со штрихами другой, а также оценивать десятые доли промежутка между штрихами.

Микроскоп-оценщик (штриховой микроскоп) — это отсчетное устройство, в котором интервал между младшим штрихом и индексом оценивается «на глаз» до десятых долей делений лимба (рис. 3). Изображения шкал и индекс рассматривают через окуляр микроскопа, который располагается рядом с окуляром зрительной трубы.

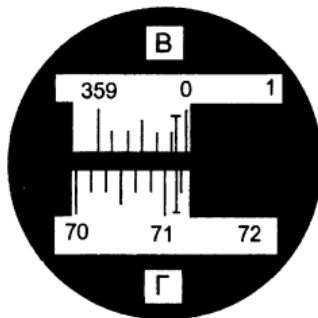


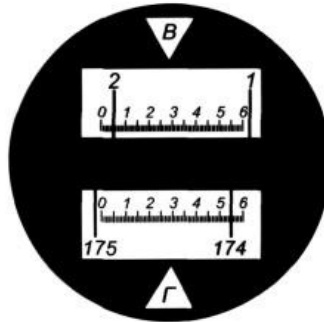
Рисунок 3. Поле зрения отсчетного микроскопа-оценщика теодолита Т30.
Отсчеты: по Горизонтальному кругу $71^{\circ}07'$; по вертикальному кругу $359^{\circ}53'$

В теодолите Т30 в поле зрения микроскопа-оценщика строятся одновременно изображения шкал горизонтального и вертикального кругов с общим индексом. Отсчеты берут по одной стороне кругов с точностью до $1'$.

Шкаловый микроскоп широко используется в современных технических и точных теодолитах с односторонним отсчитыванием по лимбу. В поле зрения такого микроскопа видны изображения лимба и шкалы, длина которой равна изображению наименьшего (обычно градусного) деления лимба. Индексом для отсчета служит штрих лимба, расположенный в пределах шкалы.

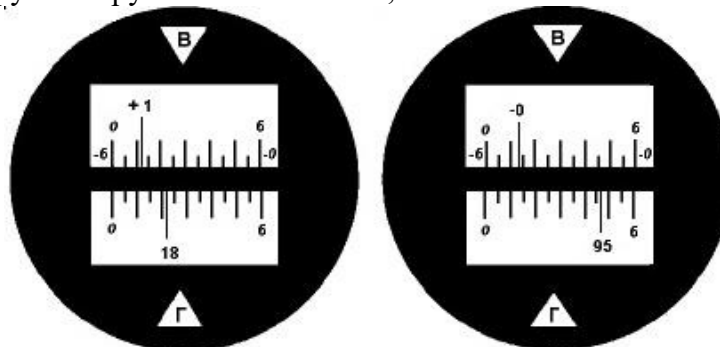
В теодолитах Т15К, 2Т5К, 2Т30 и 4Т30П (рис. 4, 5) отсчеты по горизонтальному кругу имеют шкалы для горизонтального и вертикального кругов, каждая из которых разделена на 60 частей. Поскольку цена деления лимба 1° , одно деление шкалы соответствует $1'$. При отсчете по микроскопу десятые доли наименьшего деления шкалы оцениваются на глаз с точностью до $0,1'$.

Однако шкала вертикального круга имеет два ряда цифр со знаками « + » и « - ». По нижнему ряду со знаком « - » берут отсчеты в случаях, если в пределах шкалы находится штрих вертикального круга с тем же знаком.



*Рисунок 4. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т5К.
Отсчеты: по Горизонтальному кругу $174^\circ 55'$; по вертикальному кругу $02^\circ 05'$*

У теодолитов 2Т30 и 4Т30П цена деления шкал отсчетного микроскопа (рис. 4) равна $5'$, отсчеты по угломерным кругам берутся с точностью $0,5'$.



*Рисунок 5. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 4Т30П.
Отсчеты: по горизонтальному кругу $18^\circ 21'$; по вертикальному кругу $+1^\circ 11'$
по горизонтальному кругу $95^\circ 46'$; по вертикальному кругу $+0^\circ 46'$*

Шкала вертикального круга имеет два ряда подписей. Если перед числом градусов отсутствует знак, отсчет производится по верхней шкале от 0 до 6 в направлении слева направо. Если перед числом градусов стоит знак минус минуты отсчитываются от -0 до -6 справа налево. Отсчет производится с точностью до $30''$.

Задание 2.

1. Привести прибор в рабочее положение.
2. Выбрать три произвольные цели и взять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругу. Зарисовать в тетрадь и подписать увиденные отсчеты.

Контрольные вопросы

1. Что называется теодолитом?
2. Назовите основные оси прибора
3. Что такое кремальера, наводящие и подъемные винты?
4. Что называется отсчетом?
5. Что значит привести теодолит в рабочее положение?

Практическое занятие №13. Поверки теодолита.

Цель занятия:

Научиться производить поверки теодолита, закрепить навыки обращения с теодолитом.

Обеспеченность занятия:

Теодолиты со штативами, планки с точками-целями для наведения, плакаты.

Содержание работы

1. Выполнить основные поверки.

Подготовка теодолита к работе

Перед началом измерений теодолит устанавливается над точкой в рабочее положение.

Для этого сначала ставят штатив так, чтобы центр площадки для установки штатива был примерно над точкой, а плоскость площадки – горизонтальна. Только после этого теодолит закрепляют на штативе, центрируют и горизонтируют прибор.

Полная установка прибора в рабочее положение складывается из его центрирования над точкой, горизонтирования и установки зрительной трубы для наблюдений.

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

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

При центрировании с помощью оптического центрира теодолит перемещают по головке штатива до тех пор, пока в поле зрения центрира центр точки (например, шляпки гвоздя в торце колышка) не совпадет с центром сетки нитей.

Горизонтирование теодолита заключается в приведении оси его вращения в отвесное положение, а следовательно, плоскости лимба — в горизонтальное положение. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием предварительно поверенного цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.

Установка зрительной трубы для наблюдений включает в себя установку трубы и отсчетного микроскопа по глазу наблюдателя и по предмету, т. е. фокусирование трубы по наблюдаемой цели.

Поверки теодолита

Перед началом измерений прибор необходимо осмотреть. Оптика должна быть чистой; вращение вертикальной оси – плавным и свободным; изображение сетки нитей – четким; подъемные, исправительные, зажимные и микрометрические винты – исправными; освещенность шкал – хорошая.

Действия, имеющие целью установить соблюдение предъявляемых к конструкции прибора геометрических условий, называются **поверками**.

Для обеспечения выполнения нарушенных условий производят **юстировку (регулировку) прибора**.

Основные геометрические условия, которые должны быть соблюдены в теодолите, заключаются в следующем (рис. 1):

1. *Ось цилиндрического уровня $UIUI$ должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .*

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

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

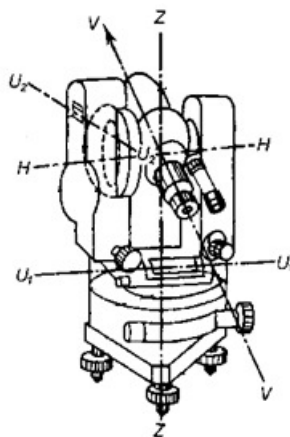


Рисунок 1. Основные оси теодолита: ZZ – ось вращения теодолита; VV – визирная ось HH – горизонтальная ось; U_1U_1 – ось горизонтального цилиндрического уровня; U_2U_2 – ось вертикального цилиндрического уровня

Для соблюдения этих условий выполняются следующие проверки теодолита:

Проверка цилиндрического уровня алидады горизонтального круга.

Перпендикулярность оси уровня вертикальной оси теодолита проверяется следующим образом. Сперва алидада поворачивается так, чтобы уровень располагался параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта подставки, и вращением этих винтов в противоположных направлениях вывести пузырек уровня на середину. После алидада поворачивается на 90° и третьим подъемным винтом пузырек уровня выводится на середину. Затем повернув алидаду на 180° и оценивается смещение пузырька от среднего положения. Если при проверке уровня смещение его пузырька превышает одно деление, то половина смещения исправляется с помощью исправительных винтов уровня. А вторая половина с помощью вращения подъемного винта.

Проверка сетки нитей.

Одна из нитей сетки должна быть параллельна, другая перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Выполнение данного условия требуется для создания удобства при визировании на отвесные предметы (например, вехи). Для этого, тщательно установив ось вращения теодолита в отвесное положение, визируют на нить отвеса, подвешенного на расстоянии 5 — 10 м от прибора. Если вертикальный штрих сетки нитей не совпадает с изображением нити отвеса, то необходимо исправить ее положение путем поворота.

Для этого слегка ослабляют винты, скрепляющие окулярную часть с корпусом трубы, и поворачивают окулярную часть вместе с сеткой нитей до требуемого положения; затем винты закрепляют. Отклонение вертикального штриха от отвесной линии допускается не более чем на $1/3$ величины биссектора сетки нитей.

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

Проверка коллимационной ошибки.

Не перпендикулярность визирной оси зрительной трубы горизонтальной оси определяется следующим образом. При положении теодолита «круг слева» наводится зрительная труба на визирную цель, удаленную не менее чем на 50 метров, направление на которую горизонтально (отклонение не более 2°), и с горизонтального лимба снимается показание $КЛ_1$. Потом повторяется наведение при положении теодолита «круг справа» и снимается показание $КП_1$. После освобождается закрепительный винт лимба и теодолит разворачивается на 180° и снова закрепляется. На ту же цель опять наводится зрительная труба и при двух положениях теодолита

снимаются показания $KЛ_2$ и $KП_2$. После того как все отсчеты сняты производится расчет по формуле:

$$c = \frac{(KЛ_1 - KП_1 \pm 180^\circ) + (KЛ_2 - KП_2 \pm 180^\circ)}{4}$$

Если при поверки коллимационная ошибка превышает двойной точности отсчетного приспособление теодолита (для теодолита 2Т30 $c=1'$), то производится юстировка (исправление).

Пример:

$$KЛ_1=154^\circ 32' \quad KЛ_2=148^\circ 50'$$

$$KП_1=334^\circ 34' \quad KП_2=328^\circ 50'$$

$$c = \frac{(154^\circ 32' - 334^\circ 34' + 180^\circ) + (148^\circ 50' - 328^\circ 50' + 180^\circ)}{4} = \frac{-2'}{4} = -0^\circ 30''$$

Поверка горизонтальной оси теодолита.

Параллельность оси уровня при трубе визирной оси зрительной трубы проверяется следующим способом. От стены на расстояние 10 – 20 метров устанавливается теодолит в рабочем состоянии и на высоте выбирается точка. После этого зрительную трубу приводят в нулевое состояние (отсчет по горизонтальному кругу $0^\circ 0'$) и отмечают на стене проекцию перекрестия сетки нитей. Затем зрительную трубу переводят через зенит и опять наводят на точку, которая была выбрана первоначально. А на стене в нулевом уровне отмечается вторая проекция перекрестия нитей. Если намеченные на стене точки совпадают, то исправление не требуется. Юстировка производится только в мастерской.

Поверка места нуля (МО).

Место нуля МО вертикального круга должно быть равно 0° либо быть близким к 0°

Местом нуля (МО) называется отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось зрительной трубы занимает строго горизонтальное положение, а пузырек установочного уровня при алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте ампулы уровня.

Последовательность выполнения поверки

Измерения выполняют не менее чем дважды при двух положениях круга, делая отсчеты $KЛ$ и $KП$.

1. Устанавливают и тщательно горизонтируют теодолит по установочному уровню.
2. При $KЛ$ («круг лево») визируют на произвольно выбранную точку и закрепляют зрительную трубу.

3. Проверяют положение пузырька установочного уровня.

Если пузырек находится в нуль-пункте (на середине), то осуществляют точное наведение сетки нитей на точку и затем по вертикальному кругу теодолита берут отсчет $KЛ$.

Если пузырек сместился с нуль пункта, то подъемным винтом, расположенным по направлению визирной цели, выводят пузырек уровня на середину, затем уточняют наведение сетки нитей на точку и только после этого берут отсчет $KЛ$ по вертикальному кругу.

4. Открепив трубу, переводят ее через зенит и при $KП$ («круг право») выполняют грубое наведение на выбранную точку.

5. Закрепив зрительную трубу, уточняют положение пузырька уровня, совмещают перекрестие сетки нитей с наблюдаемой точкой и берут отсчет $KП$.

6. Вычисляют «место нуля» $МО$, при этом в зависимости от модели теодолита $МО$ вычисляют по различным формулам, что связано с различием в оцифровке вертикального круга у разных моделей теодолитов.

Для теодолита Т30 и 2Т30М:

$$МО = \frac{KЛ + KП \pm 180^\circ}{2}$$

При этом к отсчету, который меньше 90° , надо прибавить 360°

Для теодолита 4Т30П:

$$МО = \frac{KЛ + KП}{2}$$

7. Место нуля рекомендуется определять дважды (для двух различных наблюдаемых точек).

8. Из двукратного определения МО находят его среднее значение. Если оно не превышает двойной точности отсчета по вертикальному кругу (1' или 60"), то условие поверки выполнено. В противном случае необходимо произвести юстировку.

Порядок выполнения юстировки

1. На вертикальном круге устанавливают отсчет, равный КЛ– МО или МО –КП –180°. При этом горизонтальная нить сетки сместится с наблюдаемой точки.

2. Свинчивают колпачок с окулярной части зрительной трубы и с помощью шпильки ослабляют один из горизонтальных исправительных винтов сетки нитей.

3. Вертикальными исправительными винтами сетки вновь совмещают горизонтальную нить сетки с наблюдаемой точкой.

4. Затягивают шпилькой ранее ослабленный горизонтальный исправительный винт сетки и навинчивают защитный колпачок на окулярную часть трубы.

При выполнении юстировки «места нуля» необходимо следить за положением пузырька установочного уровня и в случае смещения последнего возвращать его в среднее положение подъемными винтами подставки.

Задание

1. Привести прибор в рабочее положение.
2. Выполнить поверку уровня (написать формулировку, написать результаты наблюдений в тетрадь)
3. Выполнить поверку сетки нитей (написать формулировку, результаты наблюдений).
4. Выполнить поверку коллимационной ошибки (написать формулировку, результаты наблюдений и вычислений занести в тетрадь).
5. Выполнить поверку места нуля МО (написать формулировку, результаты наблюдений и вычислений занести в тетрадь).

Контрольные вопросы

1. Что называется поверкой и юстировкой?
2. Назовите основные поверки теодолита?
3. Назовите основные оси прибора?
4. Что называется местом нуля и как его определить?
5. Что такое коллимационная ошибка?

Практическое занятие №14. Измерение горизонтальных углов. Ведение журнала угловых измерений.

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по измерению горизонтальных углов теодолитом.

Обеспеченность занятия:

Теодолит 4Т30П, штатив, рейки

Содержание практического занятия

1. Измерить горизонтальный угол между двумя направлениями.

Порядок выполнения работы

Измерение горизонтального угла.

Измерение углов следует выполнять поверенным теодолитом.

В зависимости от конструкции приборов, условий измерений и предъявляемых к ним требований применяют следующие способы измерения горизонтальных углов:

- **Способ приемов** (или способ отдельного угла) — для измерения отдельных углов при проложении теодолитных ходов, выносе проектов в натуру и т. д.

- **Способ круговых приемов** — для измерения углов из одной точки между тремя и более направлениями в сетях триангуляции и полигонометрии второго и более низких классов (разрядов).
- **Способ повторений** — для измерения углов, когда необходимо повысить точность окончательного результата измерения путем ослабления влияния погрешности отсчитывания; используется при работе с техническими повторительными теодолитами

В геодезии измеряют правые или левые по ходу горизонтальные углы способом приемов. При этом программа измерения должна предусматривать как можно более полное исключение влияния основных погрешностей теодолита на точность измерения угла.

Способ приёмов (способ отдельного угла) исключает возможность грубых ошибок при измерении угла. (Рисунок 1)

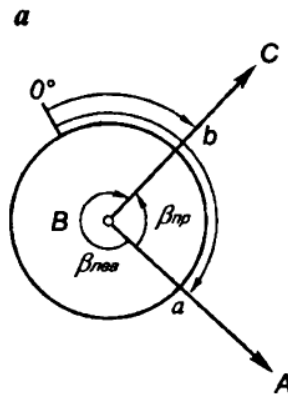


Рисунок 1. Схема измерения угла способом приемов.

Теодолит устанавливают в вершине угла (в кабинете на предусмотренных местах для установки приборов), приводят в рабочее положение. Горизонтальный угол измеряют дважды, при двух положениях зрительной трубы: при КЛ и КП.

Измерение горизонтального угла при одном положении вертикального круга называется *полуприёмом*, а при двух положениях вертикального круга – *полным приёмом*.

При измерении горизонтального угла лимб должен быть *закреплён*.

Порядок измерения горизонтального угла. Вначале измеряют угол при одном положении круга, например, при КП. Открепляют алидаду, зрительную трубу наводят *сначала на правую точку*. Осуществляют точное наведение на точку наводящими винтами алидады и зрительной трубы. Берут отсчёт *a* по горизонтальному кругу микроскопа, записывают в журнал угловых измерений (Таблица 6,а). *Затем* наводят зрительную трубу на *левую точку*, снимают отсчёт *b*, записывают в журнал. Таким образом измерили угол. *Вычисляется он как разность отсчётов на правую и левую точки по формуле:*

$$\beta_{\text{кп}} = a - b$$

где *a* и *b* - отсчёты на правую и левую точки.

Вычисленный угол записывают в журнал измерения углов в графу «углы полуприёмов».

Перед измерением угла вторым полуприёмом лимб *горизонтального круга открепляют*, поворачивают верхнюю часть теодолита ~ на 90° и закрепляют лимб. Это действие называется *сбить лимб*. Трубу переводят через зенит и повторяют измерения угла в той же последовательности, но при круге лево – КЛ. Результаты измерений записывают в журнал угловых измерений. Вычисляют угол.

Если отсчёт на правую точку меньше отсчёта на левую точку, то сначала к отсчёту правой точки прибавляют 360° , а затем от полученной суммы вычисляют отсчёт на левую точку $\beta_{\text{лев}}$. Расхождение значений угла не должно превышать двойной точности прибора, т. е. $1'$. В противном случае измерения повторяют. Находят среднее арифметическое из двух значений углов в полуприёмах, записывают в графу «среднее из углов».

Пример заполнения журнала измерения углов на рисунке 2

**Журнал измерения горизонтальных углов
способом приемов**

Дата: «18» октября 2019 г. Наблюдатель: Климова С.Н.
 Теодолит: 4Т30 П
 Бригада №_1__

номера точек		круг	Отсчет по ГК	углы из полуприемов	угол средний
стояния	визирования				
п.1	2	КЛ	119°37'	32°57'	32°56'
	3	КЛ	152°34'		
	2	КП	299°35'	32°55'	
	3	КП	332°30'		

Рисунок 2. Пример заполнения журнала измерений горизонтальных углов.

Задание

Измерить горизонтальный угол между заданными точками (точки задает преподаватель). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.

Таблица 1

номера точек		круг	Отсчет по ГК	углы из полуприемов	угол средний
стояния	визирования				

Контрольные вопросы:

1. Что такое горизонтальный угол в геодезии?
2. Что такое вертикальный угол в геодезии?
3. Как определить место нуля теодолита?
5. Какие способы измерения горизонтального угла вы знаете?

Практическое занятие №15. Измерение вертикальных углов. Ведение журнала угловых измерений.

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по измерению вертикальных углов теодолитом.

Обеспеченность занятия:

Теодолит 4Т30П, штатив, рейки

Содержание практического занятия

1. Измерить вертикальные углы заданных направлений

Порядок выполнения работы

Измерение вертикального угла

Вертикальным углом называется угол v , составленный горизонтальной плоскостью и линией визирования. Он ещё называется **углом наклона**, так как в полевых условиях измеряют наклон линии. Горизонтальная плоскость конструктивно заложена в приборе.

Вертикальный угол может быть *положительным*, если линия визирования располагается выше горизонтальной плоскости, и *отрицательным*, если – ниже (Рисунок 3), т. е. вертикальные углы измеряются от линии горизонта.

Принцип измерения вертикального угла такой же, как и горизонтального – полным приёмом. Измерение вертикального угла производится визированием на наблюдаемую точку при двух положениях круга КП и КЛ.

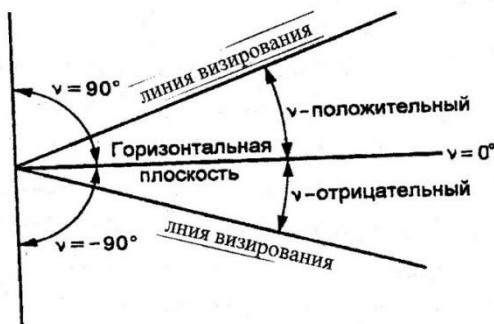


Рисунок 3. Вертикальные углы

Перед измерением вертикальных углов необходимо измерить значение места нуля (МО) вертикального круга. Для теодолитов 2Т30П, 4Т30П с положительной и отрицательной оцифровкой делений лимба вертикального круга МО вычисляется по формуле:

$$MO = \frac{КЛ + КП}{2}$$

и не должно превышать $\pm 2'$, т. е. $MO \leq \pm 2'$

Как описано выше, измерение вертикального угла сводится к снятию отсчётов по вертикальному кругу при КП и КЛ, которые должны быть с противоположными знаками, но числовые значения не должны отличаться на $\pm 2'$, что является контролем измерения угла.

Действительное значение угла по знаку принимается по КЛ.

Вертикальный угол, измеренный приборами 2Т30П, 4Т30П, вычисляется по формуле:

$$\nu = \pm \frac{|КЛ + КП|}{2} = КЛ - MO = MO - КП$$

Пример заполнения журнала измерений вертикальных углов приведен на рисунке 4.

Журнал измерения вертикальных углов

номера точек		круг	Отсчет по ВК	Место нуля (МО)	Значение вертикального угла
стояния	визирования				
п.1	2	КЛ	9°41'	-0°01'	9°42'
	2	КП	-9°43'		
	3	КЛ	-2°55'	-0°01'	-2°54'
	3	КП	2°53'		

Рисунок 4. Пример заполнения журнала измерений вертикальных углов.

Задание

Измерить вертикальные углы на заданные направления (точки задает преподаватель). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2.

Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 2

номера точек		круг	Отсчет по ВК	Место нуля (МО)	Значение вертикального угла
стояния	визирования				

п.1	2	КЛ			
	2	КП			
	3	КЛ			
	3	КП			

Контрольные вопросы:

1. Что такое горизонтальный угол в геодезии?
2. Что такое вертикальный угол в геодезии?
3. Как определить место нуля теодолита?
5. Какие способы измерения горизонтального угла вы знаете?

Практическое занятие №16. Измерение азимутов. Определение горизонтальных проложений линий, измеренных нитяным дальномером теодолита.

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по измерению азимутов линий и расстояний нитяным дальномером.

Обеспеченность занятия:

Теодолит 4Т30П, буссоль, штатив, рейки

Содержание практического занятия

1. Измерить азимуты линий по 4 стационарным рейкам.
2. Измерить 4 расстояния по нитяному дальномеру.

Порядок выполнения работы

1. Измерение магнитного азимута.

Магнитный азимут – это горизонтальный угол, измеренный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до направления на предмет. Его значения могут быть от 0° до 360° . (рисунок 1)

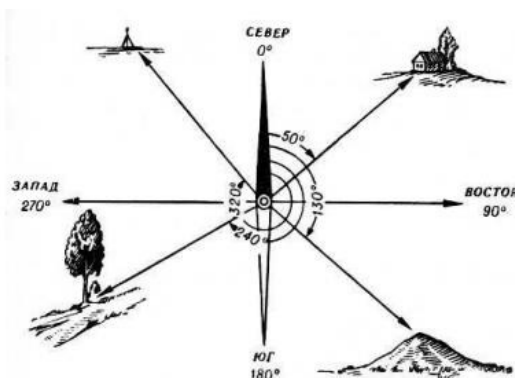


Рисунок 1.

Магнитный азимут направления определяется с помощью ориентир-буссоли, которая прикреплена к колонке теодолита. Внутри буссоли на острие вращается магнитная стрелка у которой синий конец направлен на северный полюс, а красный – на южный. Измерение магнитного азимута направления можно выполнить двумя способами.

Первый способ:

1. Закрепляют лимб, открепляют алидаду и совмещают нули лимба и алидады (устанавливают по горизонтальному кругу отсчет, равный $0^\circ 00'$), закрепляют алидаду.
2. Ориентируют теодолит по магнитному меридиану. Для этого открепляют лимб и поворачивают теодолит так, чтобы концы магнитной стрелки совместились с соответствующими штрихами ориентир-буссоли. Закрепляют лимб. Точное совмещение выполняют наводящим винтом лимба.
3. Открепляют алидаду, визируют по заданному направлению, берут отсчет по горизонтальному кругу. Он равен значению магнитного азимута.

Второй способ:

1. Ориентируют теодолит по магнитному меридиану. Для этого открепляют алидаду и поворачивают теодолит так, чтобы концы магнитной стрелки совместились с соответствующими штрихами ориентир-буссоли. Закрепляют алидаду. Точное совмещение выполняют наводящим винтом алидады. Берут отсчет по горизонтальному кругу Асев.

2. Открепляют алидаду, визируют по заданному направлению, берут отсчет по горизонтальному кругу Азад.

3. Вычисляют магнитный азимут $A_{маг} = A_{зад} - A_{сев}$.

Задание 1

Привести теодолит в рабочее положение. Закрепить ориентир-буссоль на приборе.

Любым из предложенных способов измерить магнитный азимут на 4-х рейках в кабинете.

Схему и вычисления занести в рабочую тетрадь.

2. Измерение расстояния по нитяному дальномеру

Измерение расстояний не является прямым назначением теодолита, а есть его вспомогательная функция.

Измерение расстояний теодолитом выполняется при помощи нитяного дальномера теодолита и нивелирной рейки. Чаще всего измерение расстояний производится при выполнении теодолитом тахеометрической или горизонтальной съемки.

Нитяной дальномер представлен в теодолите в виде двух дальномерных нитей сетки нитей зрительной трубы.

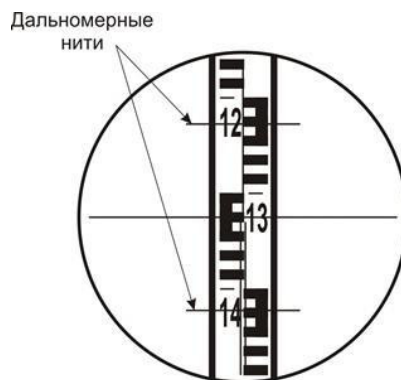


Рисунок 2.

Принята следующая методика измерения длин линий.

1. Измеряется высота прибора (теодолита) i над точкой стояния.
2. На точке, до которой надо измерить расстояние, устанавливается нивелирная рейка.
3. Зрительная труба наводится на отсчет, примерно равный высоте прибора i .

4. По нивелирной рейке берутся отсчеты:

R_B - по верхней и R_H - по нижней дальномерной нити.

5. По формуле вычисляется величина

$$D = k \cdot (R_H - R_B)$$

где k - коэффициент дальномера, $k = 100$.

Пример (рис 2.):

$$R_B = 1229, R_H = 1422$$

Отсчет по дальномеру равен

$$D = k \cdot (R_H - R_B) = 100 \cdot (1422 - 1229) = 100 \cdot 193_{мм} = 19,3_{м}$$

Задание 2

С помощью теодолита и рейки определить 4 любых расстояния в кабинете.

Контрольные вопросы

1. Что такое магнитный азимут?
2. Чему равна 1 шашка на геодезической рейке?
3. Как определяется расстояние по нитяному дальномеру?

4. Как взять отсчет по дальномеру?

Практическое занятие №17. Изучение нивелиров устройство нивелиров 3НЗКЛ, 4НЗКЛ, НЗ. Снятие отсчетов по рейкам Поверки нивелиров.

Цель занятия: Изучить конструкцию нивелира, понять принцип работы. Приобрести практические навыки по выполнению поверок нивелира. Изучить методику измерения превышения на станции технического нивелирования. Приобрести практические навыки по выполнению поверок нивелира.

Обеспеченность занятия: нивелир НЗ, нивелирные рейки.

Содержание практического занятия

1. Изучить устройство нивелиров НЗ, 4НЗКЛ.
2. Нарисовать схемы устройства приборов в тетрадь.
3. Научиться приводить приборы в рабочее положение.
4. Научиться выполнять поверки нивелира

Порядок выполнения работы

Нивелир - геодезический прибор, предназначенный для определения превышений с помощью горизонтального визирного луча.

Основные оси нивелира (рис. 1): ZZ – визирная ось зрительной трубы; VV – ось вращения прибора; HH – ось цилиндрического уровня; UU – ось круглого уровня.

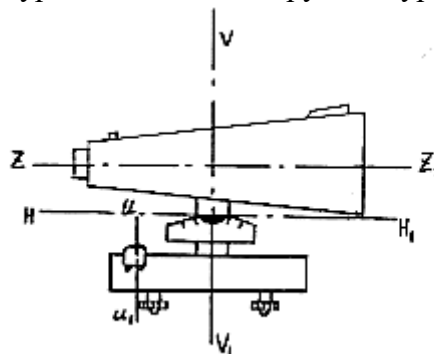


Рисунок 1. Основные оси нивелира

Устройство нивелира Н-3. Нивелир Н-3 (рис. 2) относится к классу точных нивелиров. Средняя квадратическая ошибка передачи высот на 1 км нивелирного хода составляет не более 3 мм.

Устройство приведено на рисунке 2

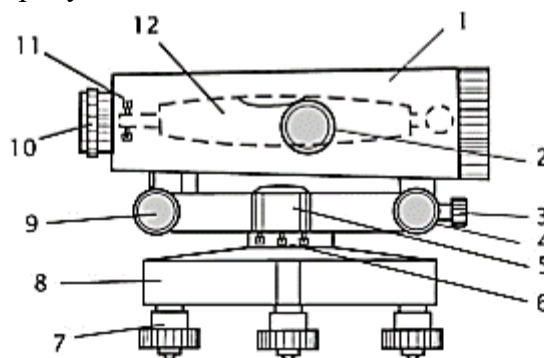


Рисунок 2. Устройство нивелира Н-3:

1 - зрительная труба; 2 - фокусирующий винт зрительной трубы; 3, 4 - закрепительный и наводящий винты; 5 - круглый уровень; 6 - исправительные винты круглого уровня; 7 - подъемные

винты; 8 - подставка; 9 - элевационный винт; 10 - окуляр с диоптрийным кольцом для фокусировки трубы по глазу; 11 - исправительные винты цилиндрического уровня; 12 - цилиндрический уровень.

Для выполнения измерений нивелиром Н-3 устанавливают на штативе и подъемными винтами 7 приводят в нуль-пункт пузырек круглого уровня 5. Пользуясь закрепительным 3 и наводящим 4 винтами, наводят зрительную трубу на рейку. Вращением диоптрийного кольца окуляра 10 фокусируют трубу “по глазу” и вращением головки фокусирующего винта 2 - “по предмету”. В поле зрения трубы будут видны штрихи сетки нитей, изображение нивелирной рейки и в отдельном окошке - изображения двух половинок цилиндрического уровня (рис. 3).

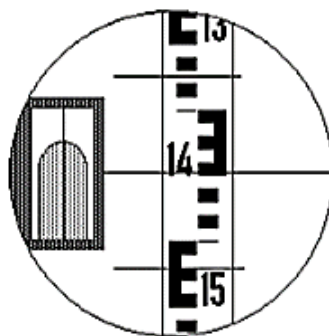


Рисунок 3. Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3:
отсчет по рейке равен 1439 мм

Вращая элевационный винт 9 (рис. 2), изменяющий наклон трубы 1 и цилиндрического уровня 12, приводят ось уровня в горизонтальное положение. Ось уровня горизонтальна, если его пузырек находится в нуль-пункте, на что указывает совмещение концов изображений половинок уровня в поле зрения трубы (рис. 3). Отсчет берут по среднему штриху сетки нитей.

Устройство нивелира 4Н-3КЛ

Оптический нивелир 4Н-3КЛ - компактный и надёжный инструмент отечественного производства, созданный специально для использования в строительстве. Прибор прост и удобен в эксплуатации, может использоваться при производстве земляных работ, переносе высотных отметок, при разбивке инженерных коммуникаций, а также во многих других случаях.

Нивелир 4Н-3КЛ снабжён фрикционным механизмом наведения с двусторонним расположением винтов, позволяющим производить точное наведение, одновременно с фокусированием на рейку.

Благодаря системе магнитного демпфирования, реализованной в нивелире 4Н-3КЛ, визирная ось инструмента остаётся стабильна как при сильном ветре, так и при вибрациях.

Благодаря наличию в основании инструмента металлического лимба и удобно расположенного индекса становится возможным «снятие» и «вынос» горизонтальных углов.

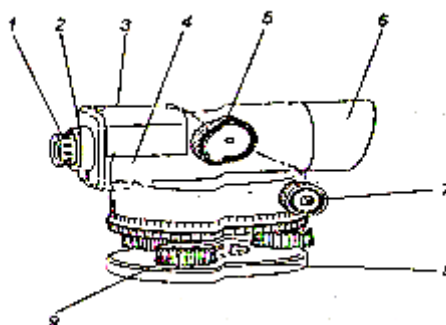


Рисунок 4. Общий вид нивелира 4Н-3КЛ:

1 – окуляр ; 2 – колпачок ; 3 – крышка ; 4 – корпус ; 5 – кремальера ; 6 – брэнда ; 7 – наводящий винт ; 8 – подставка ; 9 – подъемный винт

В верхней части корпуса 4 (рисунок 4) нивелира находятся детали зрительной трубы (объектив, фокусирующая линза, оборачивающий блок призм, окуляр с сеткой). Одна из призм оборачивающего блока закреплена на маятнике, подвешенном 4-х торсионах. Вынужденные

колебания маятника компрессора гасятся магнитным демпфером. При наклоне нивелира маятник с призмой занимает положение, при котором визирная ось зрительной трубы автоматически устанавливается горизонтально. Компенсатор сверху закрыт крышкой 3.

Нивелир фокусируем на рейку кремальерой 5. Вращением диоптрийного кольца окуляр 1 устанавливаем по глазу наблюдателя до получения четкого изображения сетки нитей. Бленда 6 защищает от прямых солнечных лучей.

В нижней части корпуса находится вертикальная ось и механизм наводящего винта для точного наведения нивелира по азимуту. Две рукоятки наводящего винта 7 расположены по обе стороны корпуса. Червячная передача и фрикционное устройство позволяет наводить нивелир на рейку наводящим винтом без ограничения угла поворота, а также свободно вращать его рукой.

Сбоку в нижней части корпуса установлен круглый установочный уровень 2 (рисунок 5). Над уровнем расположено зеркало 3, наклоном которого устанавливают положение, наиболее удобное для наблюдения пузырька уровня.

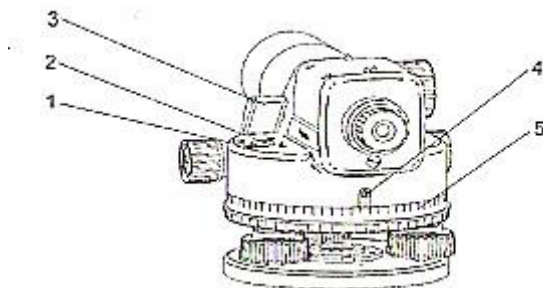


Рисунок 5. Нивелир 4Н-ЗКЛ: 1 – юстировочный винт ; 2 – установочный уровень ; 3 – зеркало уровня ; 4 – индекс ; 5 – лимб

Нивелирные рейки

Нивелирные рейки изготавливаются из деревянного бруска двутаврового сечения толщиной 2-3 см, длиной 4м, 3м, 1.5м. 1.2м и короче, складные и цельные (рис.6,а). Основная шкала (черная сторона) состоит из чередующихся черных и белых сантиметровых делений. Счет делений ведут от нуля, совмещенного с основанием рейки, называемого «пяткой». На дополнительной шкале (красная сторона) начальный отсчет выражается определенным числом. Разность отсчетов по основной и дополнительной шкалам рейки должна оставаться всегда постоянной, что служит контролем правильности снятия отсчетов по рейке на станции.

В комплект нивелира с прямой трубой входят рейки с прямыми надписями. Для удобства и быстроты установки нивелирные рейки иногда снабжают круглыми уровнями. Рейки маркируют так: например, РН-10П3000С, что означает, что эта рейка нивелирная, со шкалой деления 10 мм, прямой надписью цифр, длиной 3000 мм, складная.

При производстве нивелирования I и II классов используются штриховые инварные рейки (рис.6,б). Во время работы рейки ставят на башмаки (рис.6,г), костыли (рис.6,в) или деревянные колья.

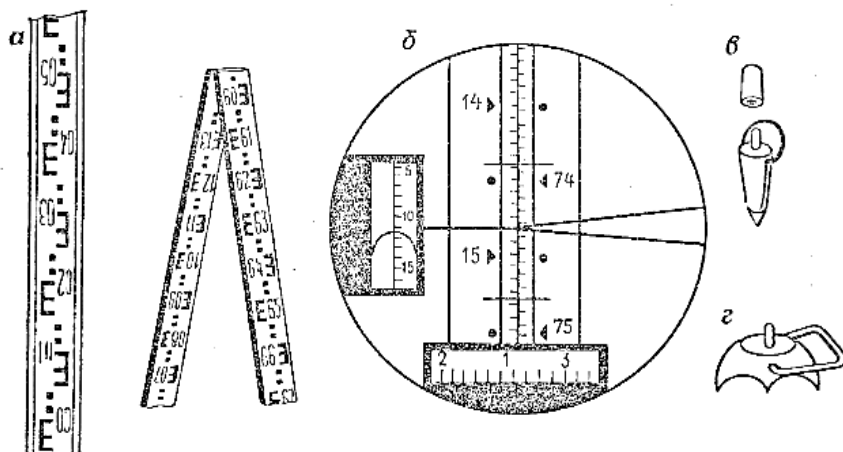


Рисунок 6. Рейки

а – рейка РН-10; б – инварная рейка РН-05 в поле зрения трубы; в – костыль; г – башмак

Задание

Зарисовать в тетрадь схемы нивелиров Н-3 и 4Н-3КЛ и указать основные части.

Привести приборы в рабочее положение.

Ответить на контрольные вопросы

1-ая поверка.

Условие поверки: ось круглого уровня UU должна быть параллельна оси вращения JJ нивелира (рис. 1а и 1,д).

Порядок выполнения:

Вращением трех подъемных винтов трегера пузырек круглого уровня приводят на середину. Затем верхнюю часть нивелира поворачивают на 180° . Если при этом пузырек остается в центре, то поверка выполнена. При смещении пузырька более, чем на 1.5 деления, выполняют юстировку: действуя исправительными винтами уровня смещают пузырек в сторону нуля - пункта на половину отклонения. На вторую половину отклонения пузырек смещается подъемными винтами.

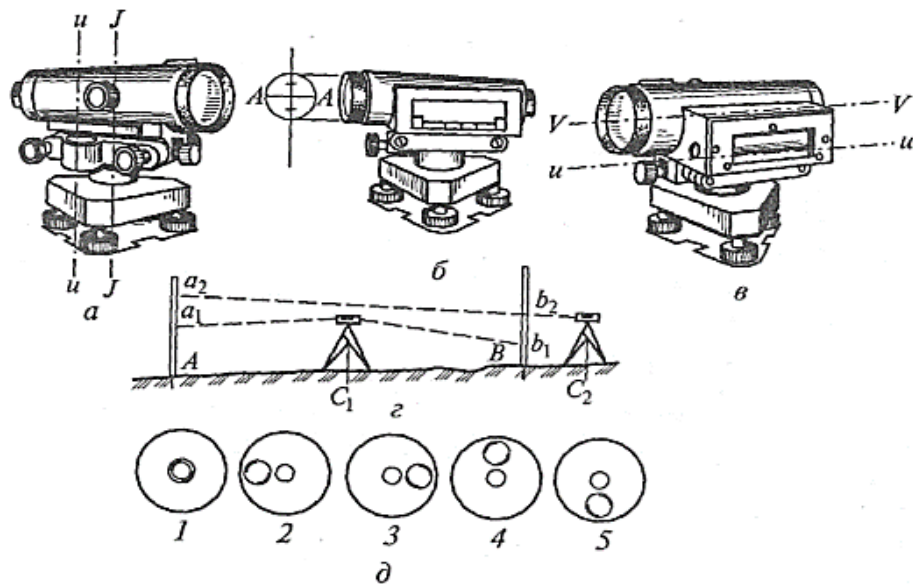


Рисунок 1. Поверки нивелира: а, б, в – схема расположения осей; г – положение нивелира при проверке главного условия; д – положения пузырька круглого уровня.

2-ая поверка.

Условие поверки: горизонтальная нить сетки AA должна быть перпендикулярна оси вращения JJ нивелира (рис. 1б).

Порядок выполнения:

Наводят трубу нивелира на рейку на расстоянии 20-30 м левым концом средней горизонтальной нити и снимают отсчет по рейке. Немного повернув трубу, наводят на рейку правый конец средней горизонтальной нити и снимают отсчет по рейке. Если отсчеты различаются, требуется юстировка сетки нитей. Для этого ослабляют закрепительные винты окуляра к зрительной трубе и поворачивают окуляр с сеткой нитей в нужную сторону.

3-ья поверка.

Условие поверки (главное геометрическое условие нивелира): визирная ось VV зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня UU (для нивелиров с цилиндрическим уровнем рис. 1в).

Поверка выполняется в полевых условиях двойным нивелированием одной и той же линии.

Порядок выполнения:

На местности с небольшим уклоном забивают 2 колышка на расстоянии 50-70 метров.

Устанавливают нивелир в рабочее положение над точкой A (рис. 2). Рейкой измеряют высоту инструмента i_1 и берут отсчет b по рейке, стоящей в т. B .

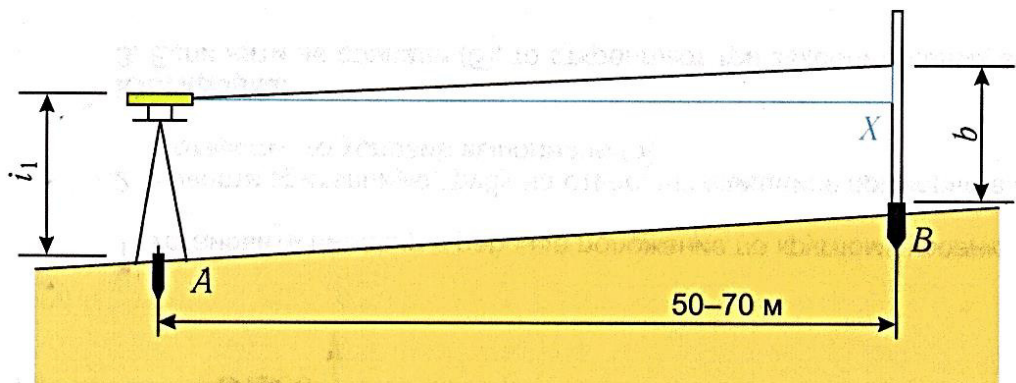


Рисунок 2. Схема выполнения поверки

Нивелир переставляют в т. В, измеряют высоту i_2 и берут отсчет a (рис.3).

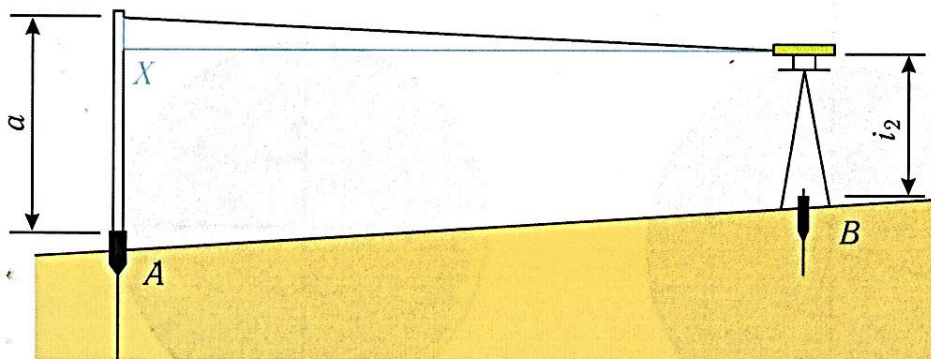


Рисунок 3. Схема выполнения поверки

Если условие поверки не соблюдено, то в оба отсчета вошла ошибка « x », которая определяется по формуле:

$$x = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{a + b}{2}$$

Если $|x| \leq 4$ мм, то главное геометрическое условие выполняется.

Если это условие не выполняется, то требуется юстировка.

Для выполнения юстировки предвычисляют правильный отсчет на дальнюю рейку

$$a_1 = a - x$$

Вращением элевационного винта устанавливают среднюю горизонтальную нить на этот предвычисленный отсчет a_1 , при этом пузырек цилиндрического уровня сойдет с нуля-пункта. Ослабив боковые исправительные винты цилиндрического уровня, вертикальными исправительными винтами добиваются «контакта» изображений концов пузырька уровня.

Для нивелиров с компенсатором (Н-3К, Н-10КЛ и т.д.) поверка главного условия выполняется так же, а юстировка производится вращением исправительных винтов сетки нитей путем ее перемещения вверх или вниз.

Нивелир с компенсатором не должен иметь недокомпенсации. Приведя нивелир в рабочее положение по круглому уровню и взяв отсчет по рейке, установленной в 40-50м, поворачивают один из подъемных винтов, расположенном в направлении рейки. Если в течение 1-2 с первоначальный отсчет восстановится, это свидетельствует о нормальной работе компенсатора. В случае невыполнения условия, его необходимо сдать в мастерскую по ремонту геодезических приборов.

Задание 1

Выполнить поверки нивелира. Результаты измерений и вычислений записать в тетрадь в таблицу 1. Ответить все на контрольные вопросы.

Таблица 1

Результаты выполнения поверок нивелира

№ поверки	Условие поверки	Порядок выполнения	Результат поверок	Порядок юстировки
-----------	-----------------	--------------------	-------------------	-------------------

		поверок (кратко)		

Контрольные вопросы

1. Что такое нивелир?
2. Как привести нивелир в рабочее положение?
3. Чем технически отличаются нивелиры Н-3 и 4Н-3КЛ?
4. Какие рейки бывают?
5. Чему равна цена деления деревянной рейки?
6. Как производится поверка круглого уровня?
7. Какое главное условие предъявляется к нивелиру?
8. Порядок производства поверки главного условия нивелира?
9. Классификация нивелиров по точности и по конструкции?
10. Назначение у нивелира круглого и цилиндрического уровней?
11. Перечислите название и назначение основных частей Нивелира Н-3.
12. Как привести нивелир в рабочее положение и взять отсчет по рейке?

Практическое занятие №18-20. Расчетно-графическая работа №1

Расчётно-графическая работа №1 объединяет в себе 3 практических работы:

- Практическая работа № 18 Обработка материалов полевых измерений и камеральные работы при теодолитной съёмке.
- Практическая работа № 19 Вычисление и уравнивание углов и приращений координат. Вычисление координат точек.
- Практическая работа № 20 Вычисление и уравнивание углов и приращений координат. Вычисление координат точек. Построение координатной сетки и плана полигона по координатам

Цель работы:

- Научиться составлять ведомость координат, выполнять увязку измеренных углов, вычислять дирекционные углы и румбы сторон теодолитного хода.
- Научиться уравнивать приращения координат и вычислять координаты точек теодолитного хода. Приобрести практические навыки по вычислению приращений координат на калькуляторе.
- Научиться правильно производить построение плана по координатам

Обеспеченность занятия:

Исходные данные для вычислений по вариантам Приложение 1

Содержание практического занятия

1. Составить ведомость координат. Уравнять измеренные углы.
2. Вычислить дирекционные углы и румбы линий по исправленным углам.
3. Вычислить приращения координат.
4. Уравнять приращения координат.
5. Вычислить координаты точек теодолитного хода.
6. Построить координатную сетку.
7. Построить план теодолитного хода по координатам.

Оформление работы

Работа выполняется на листах А4 в ручную или с помощью компьютера. Должна содержать следующие разделы:

1. Титульный лист
2. Цель и содержание работы
3. Исходные данные
4. Расчет (основные формулы и полученные результаты)
5. План в масштабе 1:1000

Порядок выполнения работы

Из Приложения 1 «Исходные данные» согласно своего варианта в ведомость координат (таблица 2) вписывают следующие данные:

Вариант №36				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	108	38	00	
				124,180
2	91	41	30	
				149,530
3	85	16	30	
				86,370
4	151	26	30	
				88,820
5	102	59	00	
				103,670
1				
Дирек. Угол 1-2 = $60^{\circ} 20' 00''$ Ст.1 (X,Y) = (4489,00; 2708,00)				

- названия вершин углов 1, 2 и т. д. – в столбец 1;
- значения измеренных правых по ходу углов β , – в столбец 2, значения пишем напротив номера вершины;
- значение дирекционного угла α_{1-2} направления 1-2 - в столбец 4 между точками 1 и 2;
- значения горизонтальных проложений d сторон хода (длин сторон) – в столбец 6;
- значения координат точки 1 X_1 ; Y_1 – в столбцы 15 и 16.

1. Уравнивание углов

Когда все исходные данные внесены начинается расчет ведомости координат вершин замкнутого теодолитного хода.

Измеренные углы и длины сторон теодолитного хода содержат неизбежные случайные погрешности, накопление которых приводит к возникновению так называемых невязок

Невязками называют разности измеренными либо вычисленными результатами и их теоретическими значениями. При обработке результатов измерений возникшие невязки должны быть определенным образом распределены между измеренными (вычисленными) величинами.

Процесс распределения невязок и вычисление исправленных значений величин называется **уравниванием результатов измерений**. После уравнивания обычно производится оценка точности результатов измерений.

Уравнивание горизонтальных углов

Производится оценка качества измерения углов и вычисляются углы увязанные (исправленные). Для этого подсчитывается, оценивается и распределяется угловая невязка хода.

Угловая невязка хода f_{β} вычисляется как разность между суммой измеренных углов, отягощенных погрешностями измерений, и теоретическим значением этой суммы.

Теоретическая сумма углов находится по известной формуле планиметрии для суммы углов многоугольника (в школьном курсе она выводится только для выпуклых многоугольников, но нетрудно доказать, что она справедлива и для невыпуклых)

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2)$$

где n – количество измеренных горизонтальных углов (вершин теодолитного хода).

В нашем примере (Таблица 2):

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (5 - 2) = 540^\circ 00'$$

Измеренную сумму углов вычисляем по формуле:

$$\sum \beta_{\text{изм}} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$$

В нашем примере (Таблица 2):

$$\sum \beta_{\text{изм}} = 108^\circ 38' 00'' + 91^\circ 41' 30'' + 85^\circ 16' 30'' + 151^\circ 26' 30'' + 102^\circ 59' 00'' = 540^\circ 01' 30''$$

Тогда угловая невязка хода вычисляется по формуле

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}}$$

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_\beta = 540^\circ 01' 30'' - 540^\circ 00' 00'' = 0^\circ 1' 30''$$

Угловая невязка f_β является показателем точности измерения углов. Она не должна превышать определенной предельной величины, которая подсчитывается по формуле

$$f_{\text{доп}} = 1' \cdot \sqrt{n}$$

где t – точность отсчетного устройства теодолита, n – количество измеренных углов.

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_{\text{доп}} = 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{5} = 2' 15''$$

Если $|f_\beta| \leq |f_{\text{доп}}|$, то полученная угловая невязка распределяется между измеренными углами.

При $|f_\beta| > |f_{\text{доп}}|$ необходимо проверить, правильно ли выписаны из журнала наблюдений значения измеренных горизонтальных углов и не допущена ли ошибка при вычислении величины f_β . Если ошибки не обнаружено, то все углы следует измерить заново.

Распределение угловой невязки может быть выполнено двумя способами: либо поровну на все измеренные углы, либо поправки вводятся только в углы, образованные более короткими сторонами. Цель введения поправок – скомпенсировать погрешности измерений. Поэтому при любом способе распределения знаки поправок берут противоположными знаком невязки. Поправки проставляют над значениями углов, в которые эти поправки придаются.

В нашем примере невязку вносим поровну с обратным знаком в каждый горизонтальный угол (Таблица 2):

$$\Delta\beta = \frac{-f_\beta}{n} = -0^\circ 0' 18''$$

Полученную невязку $\Delta\beta$ пишем над каждым измеренным углом в столбце 2.

Вычисляем исправленные углы по формуле:

$$\beta_{\text{испр}} = \beta_{\text{измер}} + \Delta\beta$$

В нашем примере ответы записываем в столбец 3 Таблица 2.

Выполняем **Контроль**. Сумма исправленных углов должна равняться сумме теоретической. (см. Таблица 2)

Вычисление дирекционных углов

По исходному дирекционному углу и исправленным углам вычисляем последовательно дирекционные углы остальных линий хода по формулам:

для правых по ходу углов $\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{i+1}$

для левых по ходу углов $\alpha_{i+1} = \alpha_i - 180^\circ + \beta_{i+1}$

Следует учесть, что дирекционные углы не могут быть отрицательными и превышать 360° .

Контролем вычислений является получение дирекционного угла начального направления 1-2.

В нашем примере измерены правые по ходу углы, тогда (Таблица 2):

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 60^\circ 20' 00'' + 180^\circ - 91^\circ 41' 12'' = 148^\circ 38' 48''$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 = 148^\circ 38' 48'' + 180^\circ - 85^\circ 16' 12'' = 243^\circ 22' 36''$$

И т.д.

Контроль: $\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_1 = 348^\circ 57' 42'' + 180^\circ - 108^\circ 37' 42'' = 420^\circ 20' 00'' - 360^\circ 00' = 60^\circ 20'$

Полученные дирекционные углы переводим в табличные румбы, пользуясь Таблицей 1. Полученные результаты записываем в 5 столбец Таблица 2.

Таблица 1

Пределы значений дирекционных углов	Название румбов	Четверть	Зависимость между дирекционными углами и румбами	Знаки приращений координат	
				ΔX	ΔY
0-90	СВ	I	$r = \alpha; \alpha = r$	+	+
90-180	ЮВ	II	$r = 180 - \alpha; \alpha = 180 - r$	-	+
180-270	ЮЗ	III	$r = \alpha - 180; \alpha = 180 + r$	-	-
270-360	СЗ	IV	$r = 360 - \alpha; \alpha = 360 - r$	+	-

В соответствии с четвертями дирекционных углов (Таблица 1) указываем знаки приращения координат в столбцах 7, 9, 11, 13.

Уравнивание приращений координат

Вычисление приращений координат выполняем по формулам. Вычисляем с точностью до сантиметров.

$$\Delta x = d \cdot \cos r$$

$$\Delta y = d \cdot \sin r$$

В нашем примере (Таблица 2) результаты вычислений пишем в столбцы 8, 10, 12 и 14:

$$\Delta x_1 = d_{1-2} \cos r_{1-2} = 124,180 \cdot \cos 60^\circ 20' = 61,46 \text{ м}$$

$$\Delta x_2 = d_{2-3} \cos r_{2-3} = 149,530 \cdot \cos 31^\circ 21' 22'' = 127,69 \text{ м}$$

И т.д.

Аналогично определяем приращение по оси Y.

$$\Delta y_1 = d_{1-2} \sin r_{1-2} = 124,180 \cdot \sin 60^\circ 20' = 107,90 \text{ м}$$

$$\Delta y_2 = d_{2-3} \sin r_{2-3} = 149,530 \cdot \sin 31^\circ 21' 22'' = 77,80 \text{ м}$$

И т.д.

Определяем невязки в приращения координат для замкнутого теодолитного хода. Теоретическая невязка по осям X и Y равна:

$$f_{\Delta X \text{ теор}} = 0$$

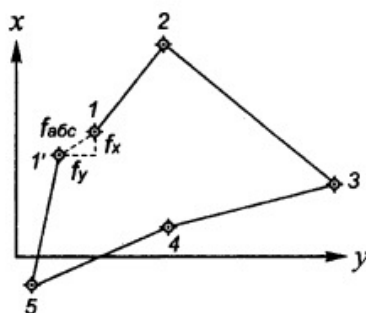
$$f_{\Delta Y \text{ теор}} = 0$$

Фактическая невязка по осям X и Y равна (таблица 2):

$$f_{\Delta X} = \sum \Delta X_{\text{выч}} = -0,18 \text{ м}$$

$$f_{\Delta Y} = \sum \Delta Y_{\text{выч}} = -0,11 \text{ м}$$

В результате этих невязок полигон, который должен быть замкнутым, окажется разомкнутым на некоторую величину отрезка 1-1', называемую **абсолютной линейной невязкой хода** f_{abc} .



Как следует из рисунка проекции абсолютной невязки f_{abc} на оси ординат, не что иное как приращения координат отсюда (по тереме Пифагора) абсолютная невязка хода равна:

$$f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2}$$

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2} = 0,210 \text{ м}$$

Точность угловых и линейных измерений в теодолитном ходе оценивается по величине относительной линейной невязки

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P/f_{abc}}$$

Где P – периметр полигона, равный сумме горизонтальных проложений сторон хода $P = \sum d$

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_{отн} = \frac{1}{P/f_{отн}} = \frac{1}{2631,28}$$

Невязки $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ считаются допустимыми, если $f_{отн} \leq \frac{1}{2000}$. Относительная невязка теодолитного хода не должна быть более 1:2000 (для местности со слабо выраженным рельефом) или 1:1500 (для местности, изрезанной оврагами, заросшей густым кустарником и с болотистым грунтом).

Если относительная невязка допустима, то и допустимы невязки в приращениях координат, а это дает право произвести уравнивание приращений координат по абсциссам и ординатам. Невязки $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. При этом поправки в приращениях координат определяются по формулам:

$$\delta_{\Delta x} = -\frac{f_{\Delta x}}{P} \cdot d$$

$$\delta_{\Delta y} = -\frac{f_{\Delta y}}{P} \cdot d$$

Вычисляем поправки для каждого приращения по осям. Полученное значение пишем над приращением столбцы 8 и 10 Таблицы 2.

Вычисляем исправленные приращения по формулам:

$$\Delta x_{испр} = \Delta x + \delta_{\Delta x}$$

$$\Delta y_{испр} = \Delta y + \delta_{\Delta y}$$

В нашем примере (Таблица 2, столбцы 12 и 14):

$$\begin{aligned} \Delta x_{испр}^1 &= +61,46 + (+0,040) = +61,500 \text{ м} \\ \Delta x_{испр}^2 &= -127,69 + (+0,048) = -127,642 \text{ м} \end{aligned}$$

И т.д.

$$\Delta y_{\text{испр}}^1 = +107,90 + (+0,025) = +107,925 \text{ м}$$

$$\Delta y_{\text{испр}}^1 = +77,80 + (+0,029) = 77,829 \text{ м}$$

И т.д.

Контроль: сумма исправленных приращений Δx и Δy по столбцам должна быть равна нулю (Таблица 2).

Вычисляем координаты точек теодолитного хода по формулам:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{i-i+1}$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_{i-i+1}$$

Контролем будет служить совпадение координат исходного пункта с заданными для него координатами.

Вычисление координат точек теодолитного хода производить в ведомости для вычисления координат в «две руки».

В нашем примере (Таблица 2, столбцы 15 и 16):

$$X_2 = X_1 + \Delta x_{\text{испр}}^1 = 4489,00 + (+61,500) = 4550,500 \text{ м}$$

$$X_3 = X_2 + \Delta x_{\text{испр}}^2 = 4550,500 + (-127,642) = 4422,858 \text{ м}$$

И т.д.

$$Y_2 = Y_1 + \Delta y_{\text{испр}}^1 = 2708,00 + (+107,925) = 2815,925 \text{ м}$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta y_{\text{испр}}^2 = 2815,925 + (+77,829) = 2893,754 \text{ м}$$

И т.д.

Ведомость расчета замкнутого теодолитного хода

точки стояния	углы												длина стороны	приращения								координаты						
	измеренный			уровненный			дирекционный			румбы				вычисленные				уровненные										
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	название	°	'		"	+	-	ΔX	+	-	ΔY	+	-	ΔX	+	-	ΔY	X	Y
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																		
1	2			3			4			5			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
			-18																									
1	108	38	00	108	37	42									+0.040		+0.025							4489,00	2708,00			
			-18				60	20	00	СВ	60	20	00	124,180	+	61,460	+	107,90	+	61,500	+	107,925						
2	91	41	30	91	41	12									+0.048		+0.029							4550,500	2815,925			
			-18				148	38	48	ЮВ	31	21	12	149,530	-	127,69	+	77,80	-	127,642	+	77,829						
3	85	16	30	85	16	12									+0.028		+0.017							4422,858	2893,754			
			-18				243	22	36	ЮЗ	63	22	36	86,370	-	38,70	-	77,21	-	38,672	-	77,193						
4	151	26	30	151	26	12									+0.029		+0.019							4384,186	2816,561			
			-18				271	56	24	СЗ	88	03	36	88,820	+	3,00	-	88,76	+	3,029	-	88,741						
5	102	59	00	102	58	42									+0.035		+0.020							4387,215	2727,820			
							348	57	42	СЗ	11	02	18	103,670	+	101,75	-	19,84	+	101,785	-	19,820						
1																								4489,00	2708,00			
	Контроль			540	00	00	60	20	00					P=552.57	$f_x=$	-0,18	$f_y=$	-0,11		0		0		4489,00	2708,00			

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180 \cdot (5 - 2) = 540^\circ 00' 00''$$

$$\sum \beta_{\text{изм}} = 540^\circ 01' 30''$$

$$f_\beta = 540^\circ 01' 30'' - 540^\circ 00' 00'' = +0^\circ 01' 30''$$

$$\Delta\beta = \frac{-f_\beta}{n} = \frac{-0^\circ 01' 30''}{5} = \frac{-90}{5} = -0^\circ 00' 18''$$

$$f_{\text{доп}} = 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{5} = 2' 15''$$

$$f_{\Delta Y} = \sum \Delta Y_{\text{выч}} = -0,11$$

$$f_{\Delta X} = \sum \Delta X_{\text{выч}} = -0,18$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2} = \sqrt{(-0,18)^2 + (-0,11)^2} = 0,210$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{1}{P/f_{\text{отн}}} = \frac{1}{552,57/0,210} = \frac{1}{2631,28} < \frac{1}{2000}$$

3. Построение плана

Исходными данными для построения плана теодолитной съёмки являются:

- вычисленные на 1 этапе координаты вершин теодолитного хода;
- абрис теодолитной съёмки с нанесёнными на нем результатами измерений на местности.

Последовательность работы при построении плана теодолитной съёмки:

1. На листе чертёжной бумаги строят сетку координат. Размер листа и масштаб указан в задании (рис. 2);
2. Подписывают сетку координат (рис. 2);
3. Наносят на план вершины теодолитного хода по координатам "X" и "Y" (рис. 3);
4. Выполняют зарамочное оформление плана.

Построение координатной сетки.

Построение координатной сетки является ответственной задачей, требующей особого внимания и аккуратности. *От точности построения сетки во многом зависит точность нанесения ситуации, а следовательно, и точность решаемых по плану инженерно-геодезических задач.*

Построение координатной сетки начинается с расчета необходимого числа квадратов по осям x и y . Пусть для ранее рассмотренного примера требуется составить план в масштабе **1:1000**, при котором длина стороны квадрата сетки (10 см) соответствует 100 м горизонтального проложения местности. Исходя из значений координат хода, определяют величины

$$\Delta X = X_{max} - X_{min}$$

$$\Delta Y = Y_{max} - Y_{min}$$

где x_{max} , y_{max} — максимальные значения координат точек, округленные в большую сторону до величин, кратных длине квадрата сетки в данном масштабе; x_{min} , y_{min} — минимальные значения координат, округленные в меньшую сторону до величин, кратных длине квадрата сетки в данном масштабе.

Для рассматриваемого примера:

$$x_{max} = 4550,500 \text{ м}, x_{min} = 4384,186 \text{ м}, \Delta x = 166,314 \text{ м};$$

$$y_{max} = 2893,754 \text{ м}, y_{min} = 2708,00 \text{ м}, \Delta y = 186,754 \text{ м}.$$

Тогда число квадратов по осям x и y равно:

$$N_x = \frac{\Delta x}{100} = \frac{166,314}{100} \approx 2 \text{ квадрата}$$

$$N_y = \frac{\Delta y}{100} = \frac{186,754}{100} \approx 2 \text{ квадрата}$$

Вычерчивание координатной сетки с небольшим числом квадратов выполняется с помощью миллиметровой линейки. (рисунок 2)

Подписывание сетки координат. При оформлении плана положительное направление оси "X" необходимо принять от нижней границы листа к верхней, а положительное направление оси "Y" — слева направо (рис. 2). Перекрестия сетки подписывают значениями прямоугольных координат, выраженными в километрах и кратными 0,1 км для масштаба 1:1000. Для этого берут минимальное и максимальное значения x и y , которые использовались для нахождения числа квадратов сетки по осям x и y . У нижней горизонтальной линии сетки слева от крайней вертикальной линии подписывают минимальное значение абсцисс, а у верхней крайней линии

— максимальное значение. Промежуточные горизонтальные линии сетки имеют абсциссы, кратные длине стороны квадрата сетки. Аналогично подписывают вертикальные линии (ординаты) сетки. При оцифровке сетки следует помнить, что значения абсцисс возрастают снизу вверх, а ординат — слева направо (рисунок 2).

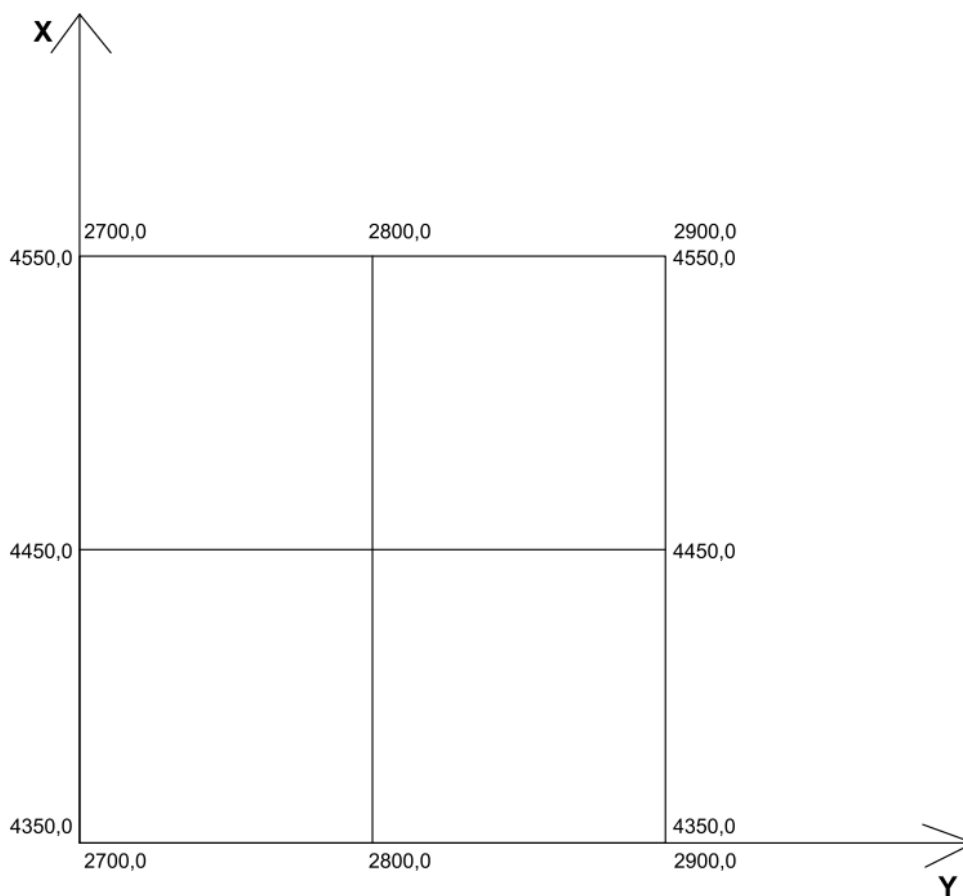


Рисунок 2. Построение сетки координат

Нанесение на план точек теодолитного хода и ситуации. Оформление плана.

Нанесение на план точек теодолитного хода (рисунок 3) производится по их вычисленным координатам. Для этого сначала определяют квадрат сетки, в котором должен находиться пункт. Далее на противоположных сторонах этого квадрата циркулем с использованием поперечного масштаба откладывают отрезки, соответствующие разностям одноименных координат точки и «младших» сторон квадрата. Точки отложения отрезков на сторонах квадрата попарно соединяют линиями, пересечение которых дает положение наносимого на план пункта. Для контроля производят повторное нанесение того же пункта относительно «старших» сторон квадрата.

Аналогично наносят по координатам все вершины теодолитного хода. Правильность нанесения на план двух соседних точек проверяют по длинам сторон хода. Для этого на плане измеряют расстояния между вершинами хода и сравнивают их с соответствующими горизонтальными проекциями сторон, взятыми из ведомости вычисления координат; расхождение не должно превышать 0,2 мм на плане, т. е. графической точности масштаба. Кроме того, правильность нанесения теодолитного хода на план можно проконтролировать, измерив транспортиром горизонтальные углы и дирекционные углы сторон и сравнив их с соответствующими значениями, приведенными в ведомости.

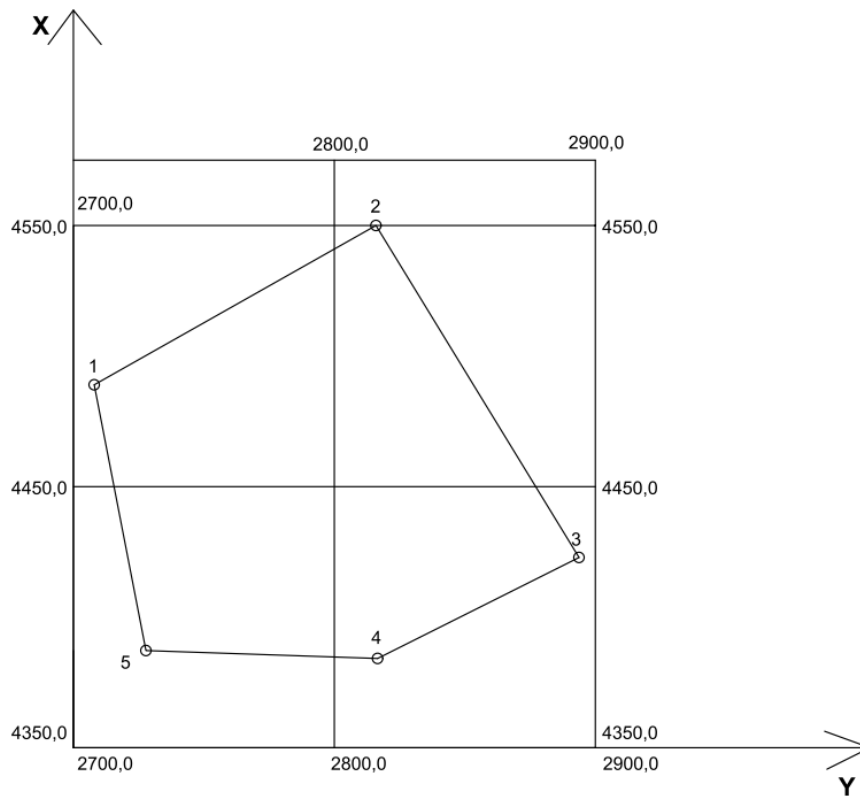
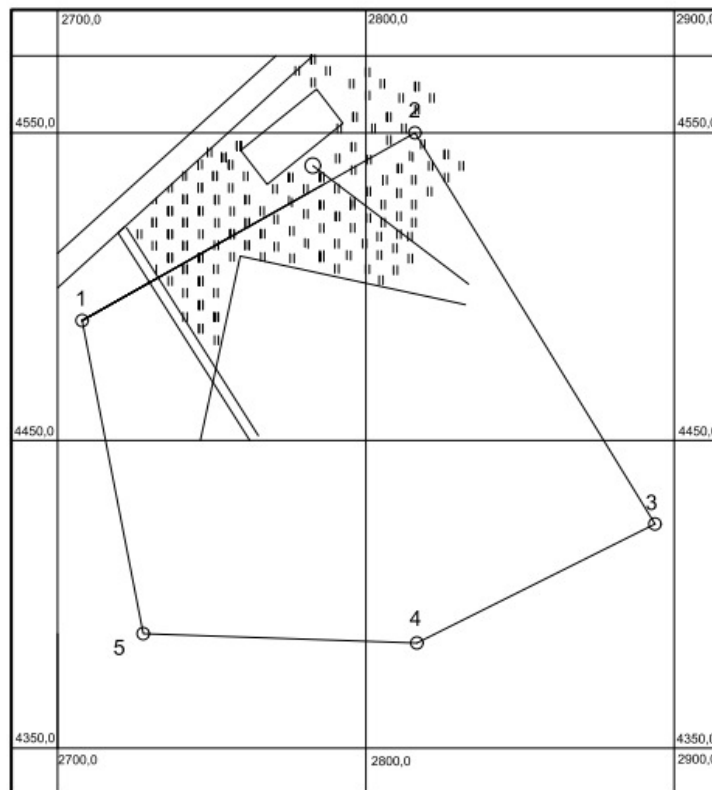


Рисунок 3. Построение теодолитного хода по координатам

Затем выполняют зарамочное оформление и вычерчивают план с соблюдением правил топографического черчения. (рис.5)



План теодолитного хода
масштаб 1:1000

Рисунок 5. Оформленный план

Контрольные вопросы

1. Какие основные измерения выполняются на местности при создании теодолитных ходов?
2. Назовите виды теодолитных ходов.
3. Перечислите полевые документы при теодолитной съемке.
4. Что такое абрис и для чего он нужен?
5. Какие способы съёмки ситуации Вы знаете?
6. Как называется полевой документ, где изображают ситуацию на участке съемки?
7. Какие исходные данные необходимы для вычисления прямоугольных координат точек теодолитного хода?
8. Что такое невязка?
9. Что называется уравниванием?
10. Назовите формулу вычисления теоретической суммы углов для замкнутого теодолитного хода.
11. Как определить допустимую угловую невязку теодолитного хода?
12. В чем заключается контроль при вычислении дирекционных углов в ведомости прямоугольных координат?
13. По какой формуле вычисляют дирекционный угол последующей стороны для правоизмеренных горизонтальных углов?
14. Назовите формулы перехода от дирекционных углов к румбам.
15. Назовите формулы, по которым вычисляют приращения координат.
16. Как определить знаки приращений координат?
17. Как определить правильность вычисления приращений координат?
18. Каково общее правило распределения поправок в приращениях координат?
19. Что является контролем при вычислении координат точек теодолитного хода?
20. Какова допустимая невязка при вычислении приращений координат точек теодолитного хода?
21. Как вычисляют относительную невязку в приращениях координат точек теодолитного хода?

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вариант выбираем согласна номеру по списку в журнале

Вариант №1				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	88	11	12	142,40
2	116	36	48	160,76
3	115	26	6	150,67
4	108	59	30	121,28
5	110	45	60	223,09
1	88	11	12	

Дирек. Угол 1-2 = 208° 21' 4 2"
Ст.1 (X,Y) = (621,48; -341,93)

Вариант №2				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	83	26	12	147,17
2	120	27	12	163,06
3	107	53	30	143,84
4	105	8	30	125,30
5	123	4	48	193,59
1	83	26	12	

Дирек. Угол 1-2 = 236° 27' 4 8"
Ст.1 (X,Y) = (656,90; 646,83)

Вариант №3				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	94	17	18	165,81
2	110	40	48	163,43
3	114	16	54	157,95
4	101	11	36	150,85
5	119	32	60	181,19
1	94	17	18	

Дирек. Угол 1-2 = 160° 42' 42"
Ст.1 (X,Y) = (486,04; 793,48)

Вариант №4				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	92	24	24	145,55
2	120	13	6	137,32
3	114	12	0	127,30
4	118	8	18	150,39
5	95	1	54	202,99
1	92	24	24	

Дирек. Угол 1-2 = 201° 12' 24"
Ст.1 (X,Y) = (-507,81; -384,90)

Вариант №5				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	113	20	36	165,81
2	100	39	48	158,21
3	117	38	42	165,42
4	109	28	42	164,16
5	98	51	54	185,80
1	113	20	36	

Дирек. Угол 1-2 = 329° 11' 06"
Ст.1 (X,Y) = (359,16; -589,82)

Вариант №6				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	91	49	36	162,88
2	117	29	24	139,23
3	120	20	36	135,61
4	109	18	30	165,52
5	101	2	30	201,79
1	91	49	36	

Дирек. Угол 1-2 = 122° 45' 42"
Ст.1 (X,Y) = (-540,20; -575,07)

Вариант №7				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	119	49	54	135,39
2	104	47	54	144,62
3	109	10	48	127,30
4	112	23	30	163,25
5	93	47	48	139,10
1	119	49	54	

Дирек. Угол 1-2 = 126° 45' 24"
Ст.1 (X,Y) = (-715,02; 663,51)

Вариант №8				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	''	
1	87	13	48	160,27
2	119	5	18	139,23
3	106	30	36	145,46
4	100	13	24	144,09
5	126	56	24	144,59
1	87	13	48	

Дирек. Угол 1-2 = 298° 46' 42"
Ст.1 (X,Y) = (766,60; 293,16)

Вариант №9				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	96	46	30	148,18
2	110	33	24	139,23
3	119	54	6	141,78
4	109	5	54	138,30
5	103	39	24	192,64
1	96	46	30	
Дирек. Угол 1-2 = 307° 27' 00" Ст.1 (X,Y) = (-767,66; -95,28)				

Вариант №10				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	102	40	36	148,46
2	105	8	48	164,55
3	115	29	36	127,30
4	114	12	0	149,09
5	102	29	24	183,04
1	102	40	36	
Дирек. Угол 1-2 = 261° 54' 42" Ст.1 (X,Y) = (-681,87; -441,20)				

Вариант №11				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	116	58	0	165,81
2	100	47	36	162,37
3	106	3	30	159,49
4	106	42	54	162,32
5	109	28	18	127,65
1	116	58	0	
Дирек. Угол 1-2 = 66° 51' 22" Ст.1 (X,Y) = (-649,57; -750,83)				

Вариант №12				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	106	55	0	138,27
2	102	41	54	137,87
3	119	46	24	158,96
4	103	6	12	125,30
5	107	29	48	178,62
1	106	55	0	
Дирек. Угол 1-2 = 219° 48' 30" Ст.1 (X,Y) = (175,54; 307,94)				

Вариант №13				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	87	48	54	144,22
2	117	30	42	155,20
3	119	4	6	165,08
4	101	33	6	125,30
5	114	2	24	228,79
1	87	48	54	
Дирек. Угол 1-2 = 69° 49' 24" Ст.1 (X,Y) = (175,54; 307,94)				

Вариант №14				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	90	3	54	139,17
2	117	12	6	163,21
3	107	43	6	127,30
4	104	2	30	144,51
5	120	57	48	160,44
1	90	3	54	
Дирек. Угол 1-2 = 269° 50' 12" Ст.1 (X,Y) = (-53,46; 686,65)				

Вариант №15				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	97	28	30	140,62
2	108	38	36	150,06
3	115	51	12	142,93
4	113	30	42	121,28
5	104	30	48	198,84
1	97	28	30	
Дирек. Угол 1-2 = 234° 13' 18" Ст.1 (X,Y) = (201,72; 764,22)				

Вариант №16				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	92	17	6	143,57
2	109	32	6	158,18
3	117	44	12	150,45
4	100	4	30	121,28
5	120	22	54	194,16
1	92	17	6	
Дирек. Угол 1-2 = 109° 50' 42" Ст.1 (X,Y) = (766,08; 445,83)				

Вариант №17				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	108	31	6	138,12
2	107	57	0	139,23
3	111	58	54	163,29
4	101	50	54	136,22
5	109	42	24	161,48
1	108	31	6	
Дирек. Угол 1-2 = 109° 50' 42" Ст.1 (X,Y) = (766,08; 445,83)				

Вариант №18				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	91	12	48	154,33
2	119	5	12	135,70
3	108	47	54	127,30
4	105	56	6	153,76
5	114	58	36	145,30
1	91	12	48	
Дирек. Угол 1-2 = 55° 47' 00" Ст.1 (X,Y) = (-251,10; 585,60)				

Вариант №19				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	88	11	12	142,40
2	116	36	48	160,76
3	115	26	6	150,67
4	108	59	30	121,28
5	110	45	60	223,09
1	88	11	12	
Дирек. Угол 1-2 = 118° 21' 4 2" Ст.1 (X,Y) = (621,48; 341,93)				

Вариант №20				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	83	26	12	147,17
2	120	27	12	163,06
3	107	53	30	143,84
4	105	8	30	125,30
5	123	4	48	193,59
1	83	26	12	
Дирек. Угол 1-2 = 36° 27' 4 8" Ст.1 (X,Y) = (-540,27; -556,30)				

Вариант №21				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	94	17	18	165,81
2	110	40	48	163,43
3	114	16	54	157,95
4	101	11	36	150,85
5	119	32	60	181,19
1	94	17	18	
Дирек. Угол 1-2 = 260° 42' 42" Ст.1 (X,Y) = (586,04; 893,48)				

Вариант №22				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	92	24	24	145,55
2	120	13	6	137,32
3	114	12	0	127,30
4	118	8	18	150,39
5	95	1	54	202,99
1	92	24	24	
Дирек. Угол 1-2 = 101° 12' 24" Ст.1 (X,Y) = (507,81; 384,90)				

Вариант №23				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	113	20	36	165,81
2	100	39	48	158,21
3	117	38	42	165,42
4	109	28	42	164,16
5	98	51	54	185,80
1	113	20	36	
Дирек. Угол 1-2 = 129° 11' 06" Ст.1 (X,Y) = (359,16; 589,82)				

Вариант №24				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	91	49	36	162,88
2	117	29	24	139,23
3	120	20	36	135,61
4	109	18	30	165,52
5	101	2	30	201,79
1	91	49	36	
Дирек. Угол 1-2 = 222° 45' 42" Ст.1 (X,Y) = (540,20; 575,07)				

Вариант №25				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	119	49	54	135,39
2	104	47	54	144,62
3	109	10	48	127,30
4	112	23	30	163,25
5	93	47	48	139,10
1	119	49	54	
Дирек. Угол 1-2 = 26° 45' 24" Ст.1 (X,Y) = (715,02; 663,51)				

Вариант №26				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	87	13	48	160,27
2	119	5	18	139,23
3	106	30	36	145,46
4	100	13	24	144,09
5	126	56	24	144,59
1	87	13	48	
Дирек. Угол 1-2 = 198° 46' 42" Ст.1 (X,Y) = (566,60; 393,16)				

Вариант №27				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	96	46	30	148,18
2	110	33	24	139,23
3	119	54	6	141,78
4	109	5	54	138,30
5	103	39	24	192,64
1	96	46	30	
Дирек. Угол 1-2 = 107° 27' 00" Ст.1 (X,Y) = (767,66; 95,28)				

Вариант №28				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	102	40	36	148,46
2	105	8	48	164,55
3	115	29	36	127,30
4	114	12	0	149,09
5	102	29	24	183,04
1	102	40	36	
Дирек. Угол 1-2 = 61° 54' 42" Ст.1 (X,Y) = (681,87; 441,20)				

Вариант №29				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	116	58	0	165,81
2	100	47	36	162,37
3	106	3	30	159,49
4	106	42	54	162,32
5	109	28	18	127,65
1	116	58	0	
Дирек. Угол 1-2 = 166° 51' 22" Ст.1 (X,Y) = (1075,54; 307,94)				

Вариант №30				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	106	55	0	138,27
2	102	41	54	137,87
3	119	46	24	158,96
4	103	6	12	125,30
5	107	29	48	178,62
1	106	55	0	
Дирек. Угол 1-2 = 319° 50' 30" Ст.1 (X,Y) = (1705,54; 307,94)				

Вариант №31				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	87	48	54	144,22
2	117	30	42	155,20
3	119	4	6	165,08
4	101	33	6	125,30
5	114	2	24	228,79
1	87	48	54	
Дирек. Угол 1-2 = 75° 50' 24" Ст.1 (X,Y) = (766,08; 445,83)				

Вариант №32				
точка стоян ия	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	90	3	54	139,17
2	117	12	6	163,21
3	107	43	6	127,30
4	104	2	30	144,51
5	120	57	48	160,44
1	90	3	54	
Дирек. Угол 1-2 = 245° 48' 00" Ст.1 (X,Y) = (-53,46; 686,65)				

Практическое занятие №21. Обработка результатов полевых измерений тахеометрической съёмки

Цель занятия:

Приобрести практические навыки в обработке журнала тахеометрической съёмки. Научиться составлять топографический план по результатам тахеометрической съёмки.

Обеспеченность занятия:

Журнал тахеометрической съёмки с вариантами исходных данных.

Содержание практического занятия

1. Рассчитать журнал одной станции тахеометрического хода:
 - вычислить углы наклона;
 - вычислить горизонтальное проложение и превышения реечных точек;
 - вычислить отметки реечных точек.
2. Построить топографический план по вычисленному тахеометрическому журналу (Таблица 1):
 - нанести на план все реечные точки в масштабе 1:2000;
 - нарисовать рельеф с помощью палетки;
 - выполнить оформление плана.

Порядок выполнения работы

Журнал тахеометрической съёмки обрабатывается в следующем порядке.

1. Вычисление углов наклона. Угол наклона находим по следующей формуле:

$$\nu = BK - MO$$

где BK – отсчет по вертикальному кругу при круге лево на приборе, MO – место нуля, определенное в результате поверок прибора.

2. Вычисление горизонтальных проложений до реечных точек по формуле

$$d = D \cdot \cos^2 \nu$$

где D – расстояние по дальномеру. Вычисляется с точностью до 0.1 м.

3. Вычисление превышений реечных точек.

Если визирование выполнено на высоту инструмента, т. е. $\nu = i$, то превышение также можно вычислить по формуле:

$$h_{\text{выч}} = d \cdot \operatorname{tg} \nu$$

Если визирование выполнено на произвольную высоту, то превышение определяем по формуле:

$$h_{\text{выч}} = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - v$$

4. Вычисление отметок реечных точек выполняем по формуле:

$$H = H_{\text{ст}} + h$$

При вычислении высот реечных точек следует обязательно учитывать, что каждая съёмочная станция имеет свою высотную отметку ($H_{\text{ст}}$), а превышение h имеет знак «плюс» или «минус».

Задание 1

Рассчитать журнал одной станции тахеометрического хода (Таблица 1). Отметку станции А принять равной $H_A = 100,00 + N$ (м), где N – номер по списку.

Таблица 1. Тахеометрический журнал

Станция А: $i = v = 1,41$ м, $MO = -0^{\circ}01'$ $H_A =$ _____ м.

Лимб горизонтального круга ориентирован по магнитному меридиану.

№ точки	Отсчеты			Горизонтальное проложение, d, м	Угол наклона α	Превышение h, м.	Отметка, Н, м.	Примечание
	по дальномеру, D, м	по вертикальному кругу, ВК	по горизонтальному кругу, ГК					
1	100,0	-2°06'	55°19'					
2	104,8	-1°07'	87°46'					
3	100,4	-2°28'	126°18'					
4	130,4	-3°58'	150°20'					
5	75,3	-4°13'	211°12'					
6	64,7	+1°44'	258°25'					
7	90,4	-2°25'	320°08'					
8	69,6	-5°11'	342°53'					
9	124,6	-4°18'	34°27'					$v = 2,2$ м.

5. Построение топографического плана. По данным таблицы 1 строим топографический план в масштабе 1:2000 с сечением рельефа $h = 2,0$ м.

1) На листе чертежной бумаги формата А4, примерно в центре, наметить точку А и провести через нее вертикальную линию – направление магнитного меридиана СЮ.

2). При помощи транспортира от северного конца магнитного меридиана отложить по ходу часовой стрелки значения горизонтальных углов (магнитных азимутов) на все реечные точки и провести направление.

3). На проведенных направлениях от точки А в масштабе 1:2000 отложить горизонтальные проложения и наколоть точки. Точки обвести кружком диаметром 1 мм. Справа от точки в виде дроби указать: в числителе номер точки, а в знаменателе ее отметку.

4). Интерполяцию горизонталей выполнять графическим способом. Отметки горизонталей должны быть четными, например 78,80,82 и т. д. Горизонтали, кратные 10 метрам показываются на плане утолщенными.

5). Подготовленный план в карандаше оформить в туши. Горизонтали вычертить и подписать коричневым цветом, а все остальные элементы плана – черной тушью (см. рис. 1).

Задание 2

По вычисленному журналу тахеометрической съемки (Таблица 1) вычертить план в горизонталях согласно варианта. Ответить письменно на любых 3 контрольных вопроса.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность тахеометрической съемки?
2. В чем заключается камеральная обработка результатов тахеометрической съемки?
3. По каким формулам вычисляется превышение на реечные точки и горизонтальные проложения?
4. Какие приборы используют при тахеометрической съёмке?
5. Перечислите полевые документы при тахеометрической съёмке.
6. Каким образом изображают рельеф на планах?
7. В чем заключается интерполирование с помощью палетки?

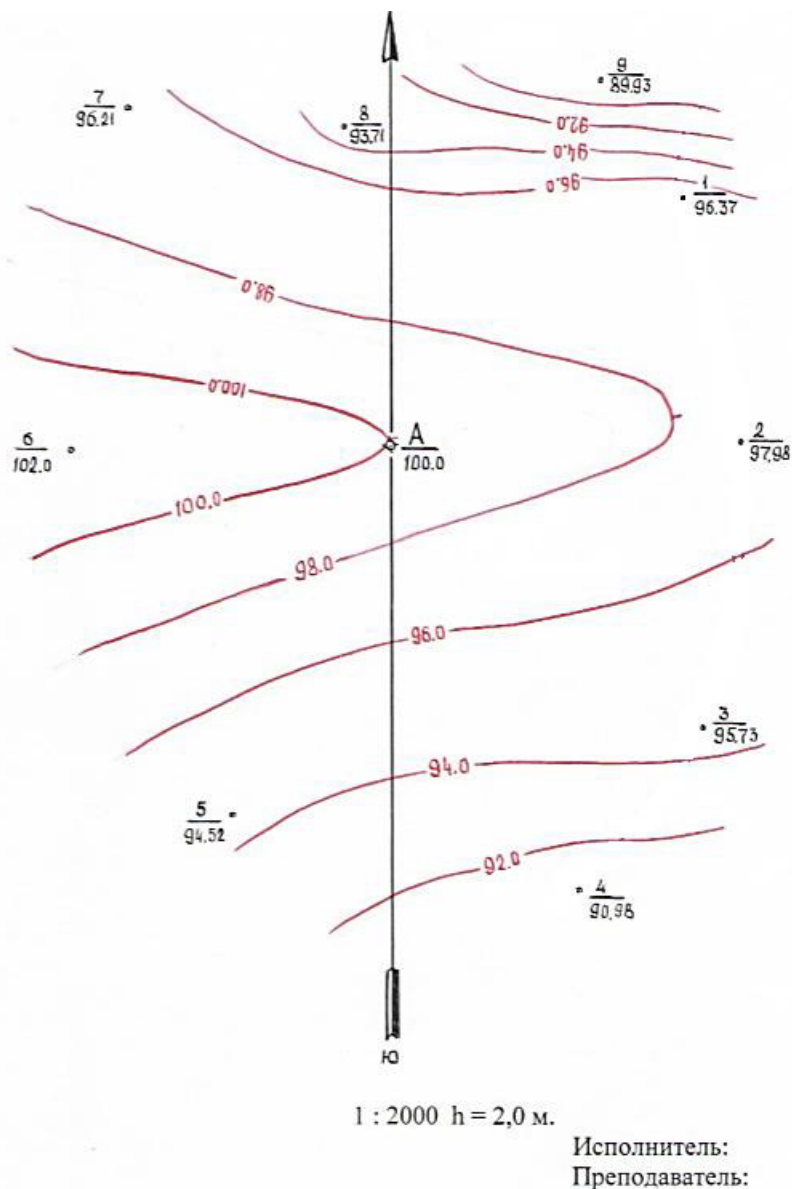


Рисунок 1. План тахеометрической съемки

Практическое занятие №22. Вычисление элементов и главных точек кривых. Построение плана трассы

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по расчету элементов и главных точек кривой. Построению плана линии.

Обеспеченность занятия: исходные данные для расчета, таблицы для разбивки кривых, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага

Содержание практического занятия

1. Научиться рассчитывать элементы и главные точки кривой
2. Научиться заполнять ведомость прямых и кривых
3. Научиться выполнять построение плана трассы

ЗАДАНИЕ

Вычислить пикетаж трассы длиной 18 пикетов по исходным данным, приведённым в Таблице 1. Рассчитать ведомость прямых и кривых. Оформить план трассы на миллиметровке в масштабе 1:10 000. Ответить на контрольные вопросы.

Номер варианта	Наименование пикетов вершин поворота трассы, м		Значения углов поворота трассы		Радиусы кривых R, м		Румб исходного направления $r_{исх}$
	ВУ 1	ВУ 2	φ 1 прав	φ 2 лев	R_1	R_2	
1	ПК6+40,80	ПК16+30,80	76°40'	100°	100	100	СВ: 64°45'
2	ПК4+10,20	ПК7+35,45	42°20'	60°	150	100	ЮВ: 64°45'
3	ПК2+85,10	ПК5+68,30	100°	60°	100	120	СЗ: 54°30'
4	ПК5+20,70	ПК9+15,20	60°	84°	200	100	ЮЗ: 34°45'
5	ПК3+70,80	ПК7+10,25	82°30'	60°	100	200	СВ: 14°40'
6	ПК6+25,45	ПК10+20,70	54°20'	90°	180	120	ЮВ: 30°45'
7	ПК7+35,60	ПК11+44,30	80°40'	66	120	180	СЗ: 20°30'
8	ПК4+44,20	ПК7+64,10	68°20'	80°	140	100	ЮЗ: 37°45'
9	ПК8+16,90	ПК13+50,40	90°	74°	100	140	СВ: 50°45'
10	ПК3+74,50	ПК10+65,30	46°40'	60°	120	160	ЮВ: 4°25'
11	ПК6+10,75	ПК13+40,75	58°20'	100°	160	120	СЗ: 44°30'
12	ПК5+55,00	ПК8+28,40	68°44'	40	100	110	ЮЗ: 30°30'
13	ПК7+34,40	ПК14+55,00	72°32'	52°	110	100	СВ: 50°50'
14	ПК4+60,50	ПК11+47,30	38°20'	60°	200	150	СЗ: 40°30'
15	ПК6+70,40	ПК12+14,60	42°30'	80°	100	100	ЮЗ: 35°30'

Порядок выполнения работы

1. Расчет основных элементов горизонтальных круговых кривых

Основными элементами круговой кривой являются (рис. 1):

1. Угол поворота φ – угловая величина отклонения трассы от первоначального направления.
2. Радиус кривой R – определяющий кривизну сопряжения в плане.
3. Тангенс T – расстояние от вершины угла поворота ВУ до точек начала кривой НК или конца кривой КК.
4. Длина кривой K – длина дуги, между началом и концом кривой.
5. Домер D – линейная разность между суммой двух тангенсов и длиной кривой.
6. Биссектриса B – расстояние по биссектрисе внутреннего угла от вершины угла поворота до точки середины кривой СК.

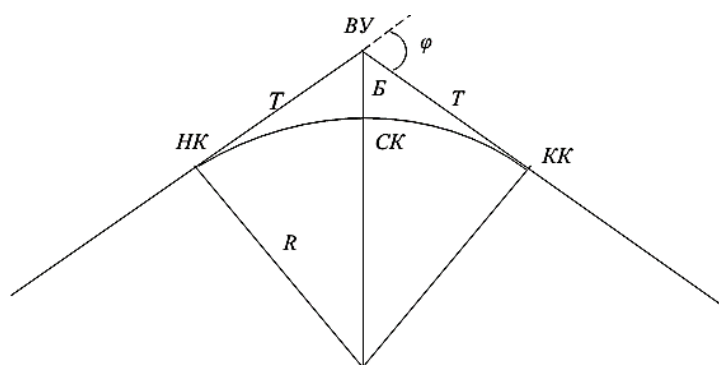


Рисунок 1. Основные элементы и главные точки круговой кривой

В производственных условиях угол поворота трассы измеряется на местности, а значение радиуса указывается в проекте. Остальные элементы круговой кривой являются зависимыми от первых двух и вычисляются по следующим формулам:

$$T = R \cdot \tan \frac{\varphi}{2}$$

$$K = R \cdot \pi \left(\frac{\varphi}{180^\circ} \right)$$

$$D = 2T - K$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right)$$

Например:

$$\varphi_1 = 44^\circ 20'$$

$$R_1 = 200 \text{ м};$$

$$\varphi_2 = 52^\circ 16'$$

$$R_2 = 300 \text{ м};$$

Тогда выполнив расчет по формулам, получим следующие результаты:

$$T_1 = 81,48 \text{ м}$$

$$K_1 = 154,75 \text{ м}$$

$$D_1 = 8,21 \text{ м}$$

$$B_1 = 15,96 \text{ м}$$

$$T_2 = 147,19 \text{ м}$$

$$K_2 = 273,67 \text{ м}$$

$$D_2 = 20,70 \text{ м}$$

$$B_2 = 34,16 \text{ м}$$

2. Расчет пикетажных значений главных точек кривых

Главными точками круговой кривой являются точки начала кривой НК, ее середина СК и конец кривой КК (см. рис. 1).

Пикетажные значения главных точек кривых вычисляются по формулам:

$$НК = ВУ - T$$

где ВУ – пикетажное значение вершины угла поворота;

$$КК = НК + K$$

$$СК = НК + K/2$$

Для *Контроля* вычислений пикетажные значения СК и КК находятся дополнительно по формулам:

$$КК = ВУ + T - D$$

$$СК = ВУ - D/2$$

Допустимое расхождение между пикетажными значениями точки конца круговой кривой и середины кривой, вычисленными по обеим формулам, не должно превышать 2 см.

Расчет пикетажных значений главных точек первой кривой приведен ниже. При расчетах необходимо в значениях основных элементов кривых выделять сотни метров (если они имеются). Например, вместо $K=193,44$ м следует писать ПК1 + 93,44 м.

Расчет производится по следующей схеме для каждой кривой:

Например: ВУ1 ПК1 + 76,00 м; ВУ2 ПК7 + 42,83 м. Тогда пикетажные значения главных точек получатся следующие:

$\begin{array}{l} ВУ_1 - \\ T_1 \\ \hline НК_1 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК1 + 76,00 \\ ПК0 + 81,48 \\ \hline ПК0 + 94,52 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} ВУ_2 - \\ T_2 \\ \hline НК_2 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК7 + 42,83 \\ ПК1 + 47,19 \\ \hline ПК5 + 95,64 \end{array} \right.$
$\begin{array}{l} НК_1 + \\ K_1 \\ \hline КК_1 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК0 + 94,52 \\ ПК1 + 54,75 \\ \hline ПК2 + 49,27 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} НК_2 + \\ K_2 \\ \hline КК_2 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК5 + 95,64 \\ ПК2 + 73,67 \\ \hline ПК8 + 69,31 \end{array} \right.$
$\begin{array}{l} НК_1 + \\ K_1/2 \\ \hline СК_1 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК0 + 94,52 \\ ПК0 + 77,38 \\ \hline ПК1 + 71,90 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} НК_2 + \\ K_2/2 \\ \hline СК_2 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК5 + 95,64 \\ ПК1 + 36,84 \\ \hline ПК7 + 32,48 \end{array} \right.$

Контроль

$\begin{array}{l} ВУ_1 + \\ T_1 - \\ D_1 \\ \hline КК_1 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК1 + 76,00 \\ ПК0 + 81,48 \\ ПК0 + 8,21 \\ \hline ПК2 + 49,27 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} ВУ_2 + \\ T_2 - \\ D_2 \\ \hline КК_2 \end{array} \left \begin{array}{l} ПК7 + 42,83 \\ ПК1 + 47,19 \\ ПК0 + 20,70 \\ \hline ПК8 + 69,31 \end{array} \right.$
---	--

$VY_1 -$	$ПК1 + 76,00$	$VY_2 +$	$ПК7 + 42,83$
$D_1/2$	$ПК0 + 4,10$	$D_2/2$	$ПК0 + 20,70$
$СК_1$	$ПК1 + 71,90$	$СК_2$	$ПК7 + 32,48$

Расхождение пикетажных значений конца круговой кривой, вычисленных по основной и контрольной формулам, не должно превышать 2 см.

3. Составление ведомости прямых и кривых

Зная румб начального направления, пикетажные значения вершин углов поворота и точек начала и конца обеих кривых, название (правый и левый) и величину углов поворота, составляют ведомость прямых и кривых, которая необходима для контроля всех вычислений, связанных с положением трассы в плане. Кроме того, она является основным документом для разбивки трассы на местности. Образец ведомости прямых и кривых приведен в Таблице 2.

Ведомость прямых и кривых

№ точ.	Пикета жное значен ие ВУ	Углы поворота		Элементы кривых					Пикетажное положение главных точек			Прямая вставка	Расстояние между вершинами	Дирекцио нный угол	Румб
		Прав.	Лев.	R	T	K	Д	Б	НК	СК	КК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Нгр	ПК0														
												94,52	176,00	64°48'	СВ: 64°48'
ВУ №1	ПК1 + 76,00	44°20' '		200	81,47	154,75	8,21	15,96	ПК0 + 94,52	ПК1 + 71,90	ПК2 + 49,27				
												346,37	575,04	109°08'	ЮВ: 70°52'
ВУ №2	ПК7 + 42,83		52°16' '	300	147,19	273,67	20,70	34,16	ПК5 + 95,64	ПК7 + 32,48	ПК8 + 69,31				
												130,69	277,88	56°52'	СВ: 56°52'
Кгр	ПК10														
						$\Sigma K =$ 428,42	$\Sigma Д =$ 28,91					$\Sigma P =$ 571,58	$\Sigma S =$ 1028,92		

$$\sum P + \sum K = 571,58 + 428,42 = 1000 \text{ м}$$

$$\sum S - \sum Д = 1028,92 + 28,91 = 1000,01 \text{ м}$$

Графа 1 номер точек – заполняется через строчку названиями элементов переломов трассы в план. (Нтр, ВУ1, ВУ2, Ктр), где Нтр. – начало трассы; Ктр. – конец трассы.

Графа 2 заполняется пикетажным обозначением переломов трассы в плане. Эти значения одинаковы для всех вариантов заданий.

Графы 3 и 4 заполняются значениями углов поворота из индивидуальных данных.

Графы 5 – 9 заполняются значениями элементов обеих кривых, вычисленных в подразделе 1.1., с подсчетом сумм кривых и домеров.

Графы 10 и 12 заполняются данными вычислений пикетажных значений точек НК, КК и СК, выполненных в подразделе 1.2.

Графа 13 заполняется величинами прямолинейных участков трассы Р, оставшихся после вписывания обеих круговых кривых. Способ их вычисления будет понятен при рассмотрении рис. 2 – схемы трассы с расчетными элементами.

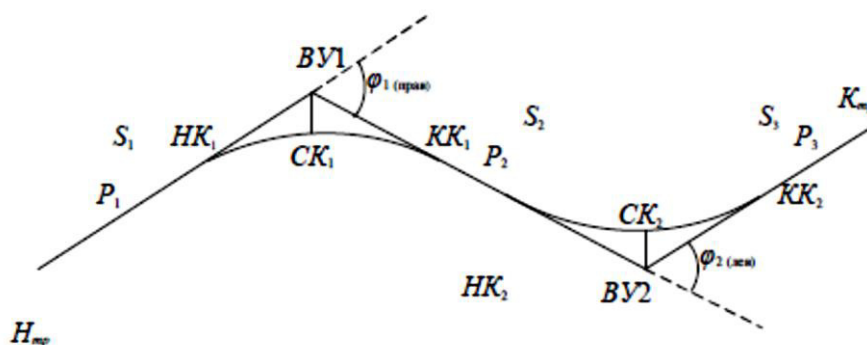


Рисунок 2. Схема трассы

Длины прямых вставок P_1 , P_2 и P_3 вычисляются следующим образом.

- Длина прямой вставки, расположенной на стороне ПК0 – ВУ₁, определяется разностью пикетажных значений начала первой кривой и начала трассы. Для нашего примера $P_1 = НК_1 - ПК_0$.

$$\begin{array}{r} - НК_1 = ПК_0 + 94,52 \\ \underline{ПК_0 = ПК_0 + 00,00} \\ P_1 = ПК_0 + 94,52 = 94,52 \text{ м.} \end{array}$$

- Длина вставки на сторону ВУ₁ – ВУ₂ вычисляется разностью пикетажных значений начала второй круговой и конца первой круговой кривой: $P_2 = НК_2 - КК_1$.

$$\begin{array}{r} - НК_2 = ПК_5 + 95,64 \\ \underline{КК_1 = ПК_2 + 49,27} \\ P_2 = ПК_3 + 46,37 = 346,37 \text{ м.} \end{array}$$

Так как по условиям задания общая длина трассы должна быть равна 10 пикетам, то прямая вставка P_3 определится разностью пикетажных значений ПК10 и конца второй круговой кривой, т.е.

$$\begin{array}{r} P_3 = ПК_{10} - КК_2 \\ - ПК_{10} = ПК_{10} + 00,00 \\ \underline{КК_2 = ПК_8 + 69,31} \\ P_3 = ПК_{11} + 30,69 = 130,69 \text{ м.} \end{array}$$

В строчке «Сумма» подсчитывается общая длина трех прямых вставок.

Графа 14 заполняется значениями расстояний между вершинами углов поворота S_1 , S_2 и S_3 (рис. 4). Значения S_1 , S_2 и S_3 вычисляются по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= BV1; \\
 S_2 &= BV2 - BV1 + D_1; \\
 S_3 &= Kmp - BV2 + D_2.
 \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned}
 S_1 &= BV1; \\
 S_2 &= BV2 - BV1 + D_1; \\
 S_3 &= Kmp - BV2 + D_2.
 \end{aligned}$$

Для нашего примера получим следующие значения:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 176.00 \text{ м}; \\
 S_2 &= 742.83 \text{ м} - 176.00 \text{ м} + 8.21 \text{ м} = 575.04 \text{ м}; \\
 S_3 &= 1000 \text{ м} - 742.83 \text{ м} + 20.70 \text{ м} = 277.87 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 94.52 \text{ м} + 81.48 \text{ м} = 176.00 \text{ м}; \\
 S_2 &= 81.48 \text{ м} + 346.37 \text{ м} + 147.19 \text{ м} = 575.04 \text{ м}; \\
 S_3 &= 147.19 \text{ м} + 130.69 \text{ м} = 277.87 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

В строчку «Сумма» необходимо вписать общую длину всех трех расстояний между вершинами углов поворота ($S_1 + S_2 + S_3$).

Графа 15 заполняется значениями дирекционных углов сторон трассы. Для вычисления дирекционных углов сторон $BV_1 - BV_2$ и $BV_2 - ПК10$ используют исходный румб начальной стороны $ПК0 - BV_1$ и значения углов поворота трассы. Переведя исходный румб в дирекционный угол, вычисляют дирекционные углы всех последующих сторон по правилу: дирекционный угол последующего направления трассы равен дирекционному углу предыдущего направления плюс правый или минус левый угол поворота трассы. В нашем случае: $r_{исх} = СВ_{\varphi} = 64^{\circ}48'$; $\varphi_1 = 44^{\circ}20'$; $\varphi_2 = 52^{\circ}16'$.

Так как название румба СВ, то $\alpha_{исх} = r_{исх}$.

$$\begin{array}{ll}
 \alpha_{исх} = 64^{\circ}48' & \text{для направления } (ПК0 - BV1) \\
 + \varphi_1 = 44^{\circ}20' & \\
 \alpha_{1-2} = 109^{\circ}08' & \text{для направления } (BV1 - BV2) \\
 - \varphi_2 = 52^{\circ}16' & \\
 \alpha_{2-10} = 56^{\circ}52' & \text{для направления } (BV2 - ПК10)
 \end{array}$$

Вычисленные дирекционные углы записываются в колонку 15, от их значений переходят к румбам и заносят их в графу 16 ведомости.

После заполнения ведомости прямых и кривых производится контроль расчетов по формуле:

$$\Sigma P + \Sigma K = \Sigma S - \Sigma D = L,$$

где L – общая длина трассы (1000 м).

Значения составляющих элементов этой формулы берем из графы «Сумма» ведомости прямых и кривых. Для рассматриваемого случая контроль расчетов будет следующим:

$$\begin{array}{ll}
 + \Sigma P = 571,58 & - \Sigma S = 1028,92 \\
 \Sigma K = 428,42 & \Sigma D = 28,91 \\
 L = 1000,00 & L = 1000,01
 \end{array}$$

Допустимое значение расхождений L также равно 2 см, оно объясняется округлением при расчетах основных элементов кривых.

4. Составление плана трассы

План трассы составляют по данным пикетажной книжки и расчетам элементов кривой и ее пикетажного положения (см. Ведомость прямых и кривых). В пикетажном

журнале приведены результаты съемки притрассовой полосы вправо и влево от трассы шириной по 50 м. Масштаб плана трассы принимают 1:1000.

План трассы в масштабе 1:1000 составляют на чертежной бумаге в следующей последовательности.

1. Согласно заданному начальному направлению $r_{исх}$ начало трассы на листе выбирают так, чтобы весь план ее разместился симметрично краям листа.
2. В точке начала трассы проводят вертикальную линию и от нее транспортиром откладывают румб $r_{исх}$ начального направления и в этом направлении прочерчивают карандашом линию.
3. Вдоль прочерченной линии в масштабе откладывают отрезок, равный расстоянию от ПК0 до вершины угла поворота 1 (ВУ1) (в нашем примере он равен 576,00 м), и получают точку вершины угла 1 (ВУ1), (см. рис.3).

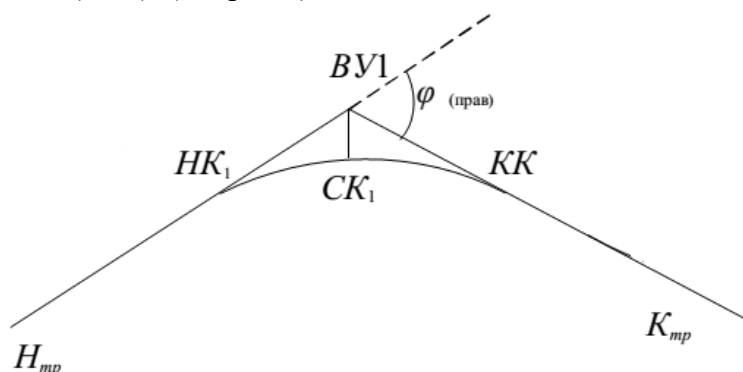


Рисунок 3. Схема трассы

4. За вершину угла продляют начальное направление и от него строят угол поворота трассы φ , в полученном направлении прочерчивают линию, (см. рис.3).
5. В полученном направлении откладывают отрезок равный расстоянию от ВУ до конца трассы (в нашем примере он равен 424 м), и получают точку конца трассы, (см. рис.3).
6. Определяют на плане трассы местоположение главных точек закруглений НК, СК, КК при каждой вершине (см. рис.3) угла поворота. Для построения точек начала кривой НК и конца кривой КК откладывают в масштабе плана величины касательных тангенсов Т от вершин углов поворота ВУ назад по предыдущему направлению и вперед по последующему направлению. Для построения точки середины кривой СК с помощью транспортира строят биссектрису внутреннего угла при вершине угла и вдоль полученного направления откладывают в масштабе значение биссектрисы Б. В нашем примере $Б = 15.96$ м. По направлению радиусов закруглений производят соответствующие надписи пикетажных обозначений НК, СК, КК по направлению радиусов круговых кривых. (пример Рисунок 4.)

№ стан.	№ Точек	Отсчёты по рейкам			Превыш . h, мм	Сред. превы ш., мм	Испр. превы ш. мм	Горизо нт прибор а ГП, м	Отметк и точек	№ Точек
		З	П	Промеж уг. С						
		5620								
	ПК0		2135						ПК0	
			6823							
2	ПК0	2539							ПК0	
		7226								
	ПК1		1353						ПК1	
			6042							
3	ПК1	226							ПК1	
		4911								
	ПК2		1036						ПК2	
			5723							
4	ПК2	256							ПК2	
		4943								
	X		2414						X	
			7102							
5	X	378							X	
		5064								
	ПК3		1951						ПК3	
			6637							
6	ПК3	1182							ПК3	
		5867								
	ПК3+10			1425					ПК3+10	
	ПК3+26			2935					ПК3+26	
	ПК3+50			2936					ПК3+50	
	ПК3+66			683					ПК3+66	
	ПК4		256						ПК4	
		4943								
7	ПК4	2989							ПК4	
		7676								
	ПК4+60		256						ПК4+60	
			4945							
8	ПК4+60	2375							ПК4+60	
		7061								
	ПК5		2795						ПК5	
			7483							

№ стан.	№ Точек	Отсчёты по рейкам			Превыш . h, мм	Сред. превы ш., мм	Испр. превы ш. мм	Горизо нт прибор а ГП, м	Отметк и точек	№ Точек
		З	П	Промеж уг. С						
9	ПК5	2848								ПК5
		7534								
	Х		312							Х
			5000							
10	Х	2916								Х
		7603								
	ПК6		250							ПК6
			4936							
11	ПК6	1360								ПК6
		6047								
	ПК7		254							ПК7
			4944							
	л+10			310						л+10
	л+25			111						л+25
	п+10			270						п+10
	п+25			920						п+25
12	ПК7	506								ПК7
		5192								
	ПК8		1042							ПК8
			5730							
13	ПК8	2623								ПК8
		7310								
	ПК9		460							ПК9
			5147							
	л+25			810						л+25
	п+25			1126						п+25
14	ПК9	1827								ПК9
		6512								
	РП2		1938							РП2
			6624							
	ПК10			1994						ПК10

Таблица 2. Исходные данные

номер варианта	исходные данные		номер варианта	исходные данные	
	РП1	РП2		РП1	РП2
1	100	106,459	11	110	116,457
2	101	107,459	12	111	117,457
3	102	108,459	13	112	118,457

4	103	109,459	14	113	119,457
5	104	110,459	15	114	120,457
6	105	111,459	16	115	121,457
7	106	112,459	17	116	122,457
8	107	113,459	18	117	123,457
9	108	114,459	19	118	124,457
10	109	115,459	20	119	125,46

Порядок выполнения работы

1. Расчёт нивелирования трассы

Нивелирование трассы производится методом геометрического нивелирования, которое позволяет определить превышение одной точки над другой, близкой к ней с $1 \cdot 100$ горизонтального луча нивелира и отвесно установленных нивелирных реек.

Нивелирный ход продольного нивелирования обычно прокладывается между точками с известными отметками. Такой ход называют разомкнутым.

Математическая обработка результатов нивелирования (обработка журнала нивелирования) выполняется в следующей последовательности:

1. Вычисляем превышения по черной и красной стороне реек по формулам:

$$h_{\text{черная}} = z - \Pi = a_{\text{задний}} - a_{\text{передний}}$$

$$h_{\text{красный}} = z - \Pi = b_{\text{задний}} - b_{\text{передний}}$$

2. Вычисляем среднее превышение по формуле:

$$h_{\text{среднее}} = \frac{h_{\text{черное}} + h_{\text{красное}}}{2}$$

3. Вычисляют сумму средних превышений по всему ходу нивелирования:

$$\sum h_{\text{ср}} = h_{\text{ср1}} + h_{\text{ср2}} + \dots$$

где $h_{\text{ср1}}$, $h_{\text{ср2}}$ и т.д. – средние превышения.

2. Вычисляют теоретическую сумму превышений по ходу, равную разности отметок реперов, на которые опирается ход:

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}$$

где $H_{\text{нач}}$, $H_{\text{кон}}$ – отметки реперов в конце и начале хода.

4. Вычисляют невязку нивелирного хода:

$$f_h = \sum h_{\text{изм}} - \sum h_{\text{теор}} = \sum h_{\text{среднее}} - \sum h_{\text{теор}}$$

4. Вычисляют невязку, допустимую для данного хода, по формуле

$$fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$$

где L – длина нивелирного хода, км

5. Если $|fh| \leq fh_{\text{доп}}$, то грубых ошибок в нивелировании нет, а полученную невязку можно распределить поровну между всеми средними превышениями. Для этого вычисляют поправки:

$$\delta_h = \frac{-f_h}{n}$$

где n – число станций.

Поправки вычисляют с округлением до 1 мм.

При этом должно выполняться условие

$$\sum \delta_h = -f_h$$

Найденную поправку, распределяем поровну на все средние превышения с обратным знаком.

6. Вычисляют исправленные превышения:

$$h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} + \delta_h$$

Они должны удовлетворять условию:

$$\sum h_{\text{испр}} = \sum h_{\text{теор}}$$

7. Вычисляют отметки связующих точек:

$$H_{\text{пк1}} = H_{\text{рп0}} + h_{\text{испр}}^{1\text{ст}}$$

$$H_{\text{пк2}} = H_{\text{пк1}} + h_{\text{испр}}^{2\text{ст}} \text{ и т.д.}$$

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек служит точное получение в конце хода отметки конечного репера.

8. Если в ходе имеются промежуточные точки, то для этих станций вычисляют горизонт инструмента по формуле.

$$ГП = H_{\text{рп0}} + a_{\text{рп0}}^{\text{черный}}$$

Где $H_{\text{рп0}}$ - отметка заднего пикета, $a_{\text{рп0}}^{\text{черный}}$ - четный отсчет на заднем пикете.

Отметки промежуточных точек вычисляют по формуле.

$$H_{0+20} = ГП - a_{0+20}^{\text{промежуточный}}$$

Где ГП – горизонт прибора, $a_{0+20}^{\text{промежуточный}}$ - промежуточный отсчет, взятый на плюсовой точке по черной стороне рейки.

2. Построение продольного профиля трассы

Для построения продольного профиля используется миллиметровая бумага. Масштаб горизонтальный 1:5000, масштаб вертикальный 1:500. Построение профиля выполняют карандашом, начинают его с вычерчивания сетки профиля.

Форма и размеры сетки (боковиков) показаны на Рисунке 1. Боковик (сетку профиля) располагают в левой нижней части листа формата А3, отступив от нижнего края 2–3 см, от левого края не менее 2 см.

Отметка земли, м	15
Уклоны (в тысячных)	15
Расстояния, м	15
Пикеты Километры	40
65	

Рисунок 1. Боковик продольного профиля

Справа от боковика размещается информация о продольном профиле. Длина профиля выбирается в соответствии с длиной трассы и горизонтальным масштабом продольного профиля. При этом необходимо проследить, чтобы начало профиля совпадало с целым сантиметровым делением миллиметровой бумаги. Горизонтальные линии сетки проводятся параллельными линиями, через расстояния, указанные в правой части Рисунка 1.

Заполнение граф сетки (см. рис.1) ведут в следующей последовательности:

1. Заполняют графу «**Расстояния**». Для этого в масштабе 1:5000 откладывают пикеты (100 -метровки) через 2 см, начиная с нулевого пикета.

Пикеты отмечают вертикальными линиями, названия пикетов подписывают в строчке «Пикеты» (ниже графы «Расстояния»). Нумерация пикетов идет от 0 до 9. Пикет, кратный 10, не нумеруют, а показывают километровой знак и подписывают номер километра. Кроме пикетов отмечают положение промежуточных (плюсовых) точек. Для этого откладывают расстояния до промежуточных (плюсовых) точек, которые берут с плана трассы или из журналов нивелирования. Такими точками в рассматриваемом примере являются ПК 3+10, ПК 3+25, ПК 3+50, ПК 3+66 и ПК 4+60. Расстояния между плюсовыми точками показывают в метрах и записывают между вертикальными линиями. Например, для плюсовых точек между пикетами 3 и 4 должны быть подписаны расстояния 10, 15, 25, 16 и 34 м, сумма которых должна составлять длину пикета (100 м).

2. В графу «Отметка земли» записывают округленные до сантиметров отметки пикетов и плюсовых точек, которые берут из журнала нивелирования трассы. Высота записываемых цифр 3 мм.

3. В строчке «Километры» на перпендикулярах, опущенных вниз, намечают положение километров по трассе (ПК 0 и ПК 10) кружками диаметром 5 мм, правую половину которого затемняют. Высота надписей километров 4 мм.

4. Для построения продольного профиля выбирают так называемую линию условного горизонта. Обычно за линию условного горизонта принимают верхнюю горизонтальную линию сетки профиля. Отметку линии условного горизонта выбирают кратной знаменателю масштаба в метрах с таким расчетом, чтобы минимальная отметка линии продольного профиля возвышалась над линией условного горизонта не менее чем на 5 см. Например: минимальной отметкой профиля является урез воды реки Соя (ПК 3+26 и ПК 3+50). Эта отметка равна 100,33. В масштабе 1:500 в регламентируемых 5 см содержится 25 м, следовательно, за линию условного горизонта можно принять отметку 75,0 м (100,33 – 25); учитывая ее кратность 5 м, за отметку линии условного горизонта окончательно принимают отметку 75,0 м.

Для построения профиля восстанавливают перпендикуляры с каждого пикета и плюсовой точки вверх от линии условного горизонта, на них в масштабе 1:500 откладывают отрезки, соответствующие отметкам пикетов и плюсовых точек с учетом высотного положения линии условного горизонта. Например: $H_{пк0} = 105,45$ м, следовательно, от линии условного горизонта в масштабе 1:500 (в 1 см – 5 м) откладывают высоту 30,45 м, что составляет отрезок в 6,09 см. $H_{пк1} = 106,64$ м, откладывают 31,64 м или 6,33 см. Аналогичным образом поступают со всеми пикетами и плюсовыми точками.

Соединив концы построенных отрезков прямыми линиями, получают продольный профиль трассы. Концы перпендикуляров, возвышающиеся над профилем, убирают.

5. Заполняют графу «Уклоны», прочерчивая в ней в местах переломов (изменений уклона) фактической линии вертикальные перегородки.

Внутри каждого узкого прямоугольника, на которые будет разбита графа уклонов, проводят диагональ: из верхнего левого угла в нижний правый, если уклон отрицательный (линия идет на понижение), или из нижнего левого в верхний правый, если уклон положительный. На горизонтальных отрезках трассы посередине графы проводят горизонтальную черту. Над диагональю или горизонтальной чертой указывают значение уклона в тысячных. Значение уклона определяется по формуле:

$$i = \frac{\Delta H_{зем}}{d}, \text{ где } \Delta H_{зем} - \text{разница отметок земли на концах участка в м, } d - \text{расстояние,}$$

м.

6. Выполняют оформление профиля. Все надписи и построения аккуратно выполняют тушью тонкими линиями.

Контрольные вопросы

1. Что такое «пикетная точка», «плюсовая точка»? Когда возникает необходимость использовать «иксовую точку»?
2. Назначение пикетажной книжки (журнала).
3. Как уравнивают превышения в замкнутом нивелирном ходе?
4. Какова последовательность нивелирования на станции по пикетажу трассы? Как контролируют отсчеты по рейкам?
5. Что такое уклон линии и по какой формуле он определяется? Как его выразить в % и в ‰? Как показывают уклоны на профиле?

Практическое занятие №24-26. Расчетно-графическая работа №2

Расчетно-графическая работа №2 объединяет в себе 3 практических работы:

- Практическая работа № 24. Обработка материалов изысканий для горизонтальной площадки.
- Практическая работа № 25. Определение проектных отметок для вертикальной планировки для горизонтальной площадки.
- Практическая работа № 26 .Составление картограммы, подсчет объемов земляных работ

Цель занятия:

Научиться вычислять планировочную отметку площадки и приобрести навыки в последовательности составления картограммы земляных работ.

Обеспеченность занятия: Журнал нивелирования по квадратам и абрис съемки.

Содержание практического занятия

1. Вычисление абсолютных отметок вершин квадратов.
2. Построение топографического плана участка методом интерполяции. Масштаб 1:500, сечение рельефа 0,5 м.
3. Вычисление проектной отметки Нпр.
4. Вычисление рабочих отметок h_{раб} и составление картограммы земляных работ.
5. Определение линии нулевых работ.
6. Подсчет объемов земляных работ, оценка баланса земляных работ

Порядок выполнения работы

Проектирование горизонтальной площадки обычно производится с соблюдением условия нулевого баланса земляных работ. Под этим условием понимается сведение земляных работ к минимуму и обеспечение равенства объемов выемки и насыпи.

Условие нулевого баланса земляных работ обеспечивается созданием горизонтальной площадки с проектной отметкой.

Подобные площадки приходится проектировать при строительстве спортивных сооружений, стоянок автотранспорта, трамвайно-троллейбусных парков и т.п.

Рассмотрим проектирование горизонтальной площадки

Пример расчета вертикальной планировки под горизонтальную площадку

Требуется: разработать проект вертикальной планировки площадки при следующих исходных условиях (Рисунок 1)

- отметки участка получены при нивелировании по квадратам;
- проектируется горизонтальная площадка с приблизительным обеспечением баланса земляных работ;
- проектирование заканчивается составлением картограммы земляных масс.

- размеры квадратов принимаются 20 × 20 м (при масштабе плана 1:500).

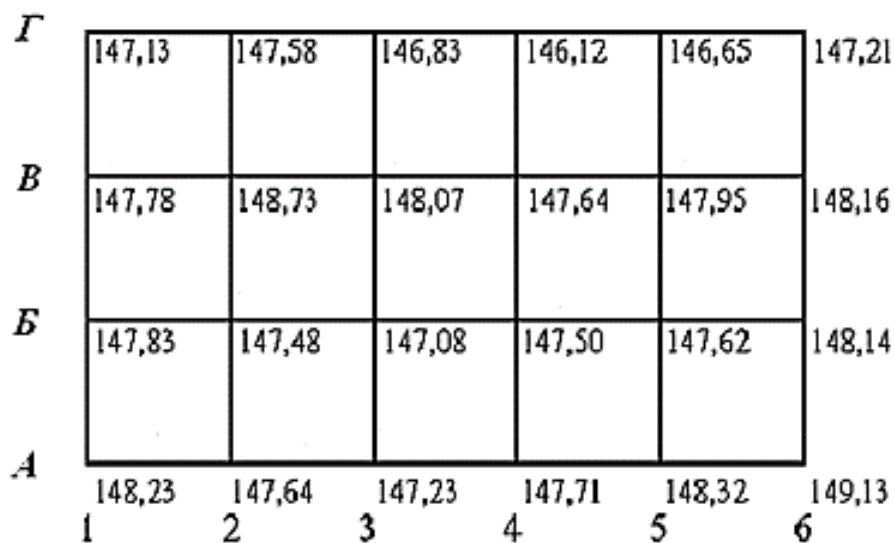


Рисунок 1. План площадки с отметками земли

Последовательность выполнения работы:

1. На листе чертежной бумаги дважды вычерчивают сетку квадратов (см. рис.1).
2. Отметки вычисляем, опираясь на абрис и журнал нивелирования. Результаты вычислений оформляем в таблице 1.

Таблица 1

Ведомость вычисления абсолютных отметок вершин квадрата

Номер вершины	Отсчет по рейке, мм	Горизонт прибора, м	Абсолютная отметка вершины квадрата, м
A ₁			
A ₂			
....			
Г ₆			

В вершинах квадратов (см. рис. 1) выписать отметки. Например, в вершине А₁ это 148,23, в вершине А₂ – 147,64, А₃ – 147,23 и т.д.

На полученной сетке строим план поверхности интерполированием на формате А3.

3. Определить проектную отметку горизонтальной площадки с приблизительным балансом земляных работ по формуле. Проектная отметка вычисляется по формуле:

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum N_1 + 2\sum N_2 + 3\sum N_3 + 4\sum N_4}{4 \cdot n}$$

Где N₁ – сумма вершин, попадающих в один квадрат; N₂ – сумма вершин попадающих в два квадрата; N₃ – сумма вершин попадающих в три квадрата; N₄ – сумма вершин попадающих в четыре квадрата; n – количество квадратов.

У данной сетки квадратов нет отметок вершин, относящихся сразу к трем квадратам, поэтому

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum N_1 + 2\sum N_2 + 4\sum N_4}{4 \cdot n} = \frac{3\sum N_3 = 0, \text{ тогда } 591,7 + 2 * 1769,99 + 4 * 1182,07}{4 * 15} = 147,67 \text{ м}$$

4. Записать полученную проектную отметку в верхнем левом углу (см. рис. 2), найти рабочие отметки по формуле:

$$h_p = H_{пр} - H_i^{abc}$$

и зафиксировать их в вершинах квадратов. Так, в вершине A_1 это $-0,55$, в вершине A_2 $+0,04$, в A_3 $+0,45$ и т.д. Вычисленное значение рабочей отметки вершины, подписываем на картограмме синей гелиевой ручкой, а под ней пишем значение проектной отметки $H_{пр}$ красной гелиевой ручкой.

$$H_{пр} = 147,68 \text{ м}$$

Γ	+0,55	+0,10	+0,85	+1,56	+1,03	+0,47
	147,13	147,58	146,83	146,12	146,65	147,21
B	-0,10	-1,05	-0,39	+0,04	-0,27	-0,48
	147,78	148,73	148,07	147,64	147,95	148,16
B	-0,15	+0,20	+0,60	+0,18	-0,14	-0,46
	147,83	147,48	147,08	147,50	147,62	148,14
A	-0,55	+0,04	+0,45	-0,03	-0,64	-1,45
	148,23	147,64	147,23	147,71	148,32	149,13
	1	2	3	4	5	6

Рисунок 2. План с рабочими отметками

5. Для разработки картограммы земляных работ (см. Рисунок 3) необходимо обозначить контуры насыпи и выемок линиями нулевых работ. Линию нулевых работ определяют точки нулевых работ на тех сторонах квадратов, вершины которых имеют отметки с противоположными знаками (линии $B_1-\Gamma_1$, B_2-B_2 и т.д.). Положение точки нулевых работ на стороне квадрата определится величиной l_1 или l_2 .

Для построения линии нулевых работ на сторонах квадратов находят положение точек нулевых работ по формулам:

$$l_1 = a \frac{|h_{p1}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|}; \quad l_2 = a \frac{|h_{p2}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|}$$

где l_1 и l_2 – расстояния от вершин квадрата до точки нулевых работ; a – сторона квадрата; h_{p1} и h_{p2} рабочие отметки на концах стороны квадрата. Очевидно, что $l_1 + l_2 = a$. (см Рисунок 3)

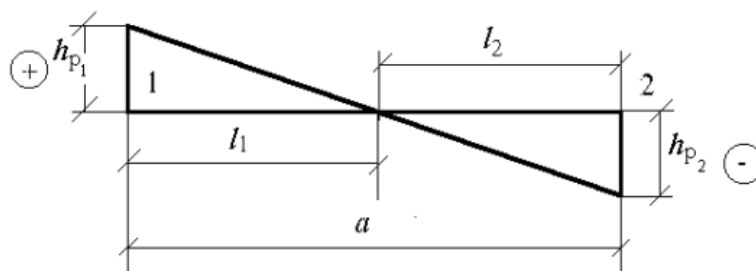


Рисунок 3. К определению положения точек нулевых работ

Линии нулевых работ обозначают прямолинейными отрезками, значения l выписывают на стороне квадрата (см. рис. 4, на стороне B_1-G_1 $9,16 = 1$ м; на стороне B_2-G_2 $4,18 = 1$ м и т.д.)

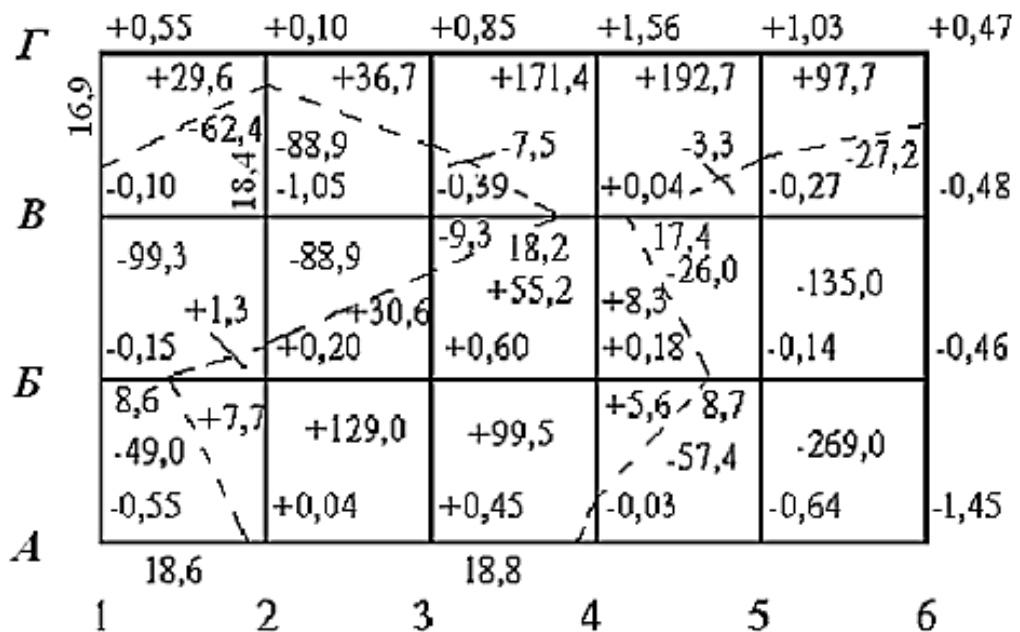


Рисунок 4. Картограмма земляных работ

6. Вычислить отдельно для выемок и подсыпок в каждом квадрате объемы земляных работ (см. рис. 4) по формуле:

$$V = h_{p(ср)} \cdot S$$

Где $h_{p(ср)}$ – среднее значение рабочих отметок; S – площадь квадрата или части, которую можно найти, зная длины сторон этих фигур.

7. Вычисленные на картограмме объемы насыпей и выемок оформляют в виде ведомости (см. Таблица 2)

Таблица 2. Ведомость подсчета объемов земляных масс

№ фигуры	Площадь, м ²	Средняя рабочая отметка фигуры, м	Объем, м ³	
			Насыпь (-)	Выемка (+)
1				
...				
..10				
			$\sum V_{насыпи}$	$\sum V_{выемки}$

7. Проверить баланс земляных работ по формуле:

$$V = \frac{|\sum V_{выемки}| - |\sum V_{насыпи}|}{|\sum V_{выемки}| + |\sum V_{насыпи}|} \cdot 100\%$$

Эта величина не должна превышать 3 %.

При необходимости решение корректируется, т.е. уточняется проектная отметка горизонтальной плоскости.

Задание

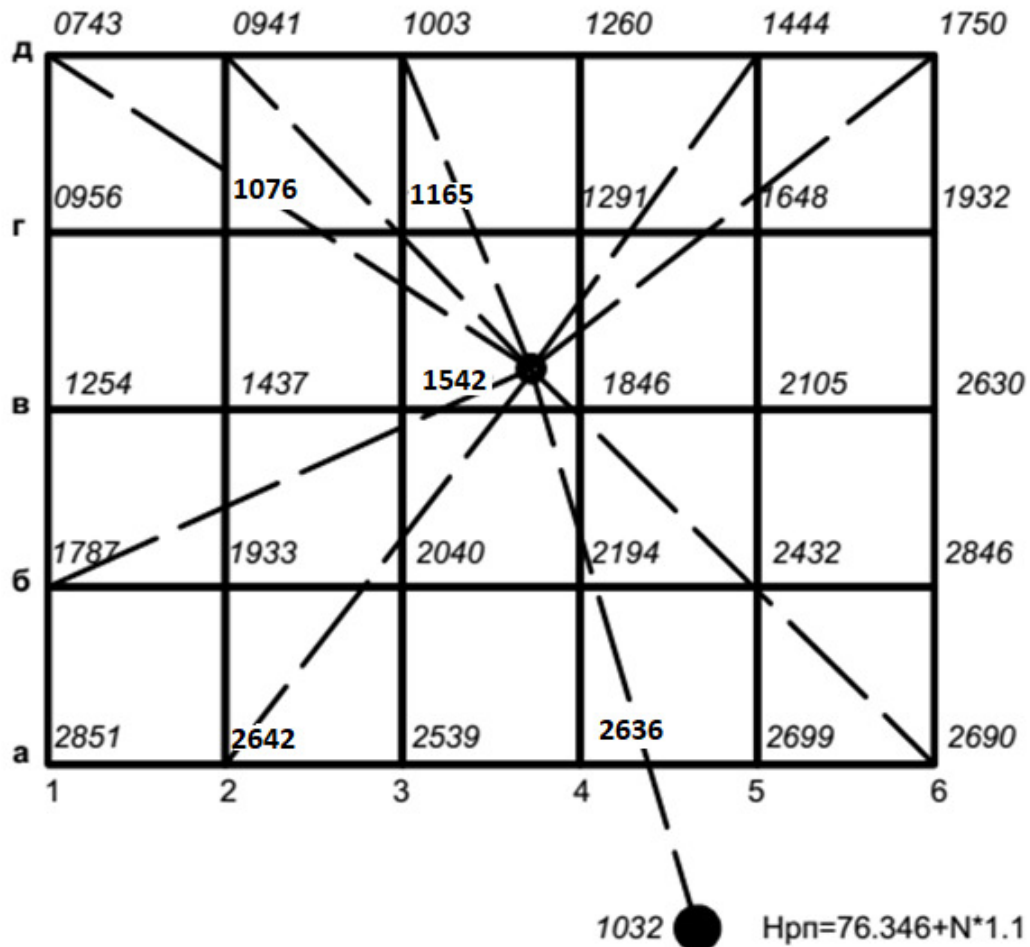
По результатам нивелирования поверхности по квадратам подготовить проект вертикальной планировки участка. Размер квадрата на местности 20х20 м.

Отметка исходного репера вычисляется по формуле: $H_{rp}=76,346+N*1.1$, где N – номер студента по списку.

План поверхности чертим на формате А3, картограмму земляных работ вычерчиваем на миллиметровой бумаге формат А3.

Ответить на контрольные вопросы

Исходные данные:



Контрольные вопросы

1. Что называется картограммой земляных работ?
2. Что называется рабочей отметкой?
3. По какой формуле вычисляется рабочая отметка?
4. Что обозначает знак рабочей отметки?
5. Что называется точкой нулевых работ?
6. Как определяется положение нулевых точек на картограмме?
7. Что называется линией нулевых работ и что она разделяет?
8. По какой формуле вычисляется объём фигуры?
9. Как контролируется правильность вычислений при балансе земляных масс на планируемой площадке?

Литература

Основная литература:

1. Киселев М.И.; Михелев Д.М. Геодезия: учебник для студентов СПО. / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. – 13-е изд., стер. – М. Академия, 2017г.-384 с.

Дополнительная литература:

1. Тесты и задачи по курсу инженерной геодезии: учебное пособие/М. П. Ларченко, Т. Н. Миловатская, И. А. Седельникова. – М.: Изд. Ассоциация строительных вузов, 2013 г., 188 с.