

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания

по выполнению лабораторных работ по дисциплине

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

Специальность
Специализация

21.05.02 Прикладная геология
Геология месторождений нефти и газа

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	
Лабораторная работа 1. Работа с топографической картой (3 ч.).....	
Лабораторная работа 2. Устройство теодолита и работа с ним (3 ч.).....	
Лабораторная работа 3. Устройство, поверки, юстировки нивелира и работа с ним (3 ч.).....	
Лабораторная работа 4. Построение и проектирование продольного профиля линейного сооружения (1,5 ч.).....	
Лабораторная работа 5. Нивелирование поверхности по квадратам и проектирование горизонтальной площадки (1,5 ч.).....	
Лабораторная работа 6. Геодезические разбивочные работы (1,5 ч.).....	
Список рекомендуемой литературы.....	
Приложения.....	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью освоения дисциплины «Основы геодезии и топографии» в области обучения, воспитания и развития является формирование профессиональной компетенции (ОПК-9) будущего инженера-геолога, соответствующих целям ОП ВО по специальности 21.05.02 – Прикладная геология; ознакомление студентов с общими сведениями о планете Земля, особенностями строения Земли, ее состава, эндогенными и экзогенными геологическими процессами.

Задачей дисциплины является освоение студентами теоретической части и практических материалов, приобретение навыков по решению геодезических задач, что необходимо для успешного применения полученных знаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Работа с топографической картой (3 часа)

1.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ

Тема (6): Топографические съемки.

Цель: изучение условных знаков, используемых в топографических картах и планах, ознакомление с масштабами, определение координат и отметок точек, уклонов и длин линий и решение различных задач на топографических планах и картах, имеющих прикладное значение.

Содержание работы следующее:

1. Ознакомиться с условными знаками и вычертить их.
2. Изучить масштабы, построить линейный и поперечный масштабы в соответствии с выданным вариантом задания, определить длины трёх отрезков в разных масштабах.
3. Определить географические и прямоугольные координаты заданных точек S и N.
4. Для отрезка SN измерить дирекционный угол ДУ (α). Вычислить истинный азимут $A_{и}$ и магнитный азимут $A_{м}$.
5. Определить отметки точек, расположенных между горизонталями.
6. Определить значение уклонов отрезков линии SN в градусах и тысячных долях.
7. Пользуясь масштабом заложений, определить углы наклона отрезков заданного направления SN.
8. По линии SN построить профиль местности.

1.2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Топографическая карта представляет собой ортогональную проекцию местности на плоскость. В Российской Федерации топографические карты масштабов 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000 и крупнее составляются в равноугольной равноцилиндрической проекции Гаусса-Крюгера. Ситуация на топографических картах отображается условными знаками, рельеф – изолиниями – горизонталями. Для определения географических координат точек по карте на картографической рамке нанесена минутная рамка, а для определения прямоугольных координат точек на лист карты нанесена километровая сетка с известными координатами линий сетки. Определение ориентирных углов ведется от северного направления соответствующего меридиана. Ориентирные углы измеряются с помощью транспортира или вычисляются по соответствующим известным поправкам направления. Уклоны отрезков, нанесенных на карту, определяются как отношение разности отметок начала и конца отрезка к горизонтальному проложению отрезка. Углы наклона отрезков определяются с помощью графика масштаба заложений, нанесенного на лист карты. Продольный разрез по заданному направлению строится по соответствующим отметкам точек пересечения горизонталей с исходным направлением и соответствующим горизонтальным проложением полученных отрезков.

1.3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

Лист топографической карты с вариантом задания (выдаётся преподавателем).

Циркуль-измеритель, транспортир, линейка, карандаш.

Бумага формата А4.

Миллиметровая бумага формата А4.

1.4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Выполнение данной работы носит расчетный характер и не требует соблюдения особых требований по технике безопасности.

1.5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.5.1. Условные знаки

Совокупность изображенных на топографических картах и планах разных объектов местности (контуры населённых пунктов, сады, огороды, озёра, реки, линии дорог и электропередач) называют **ситуацией**. Ситуацию изображают условными знаками.

Условные знаки подразделяют на:

- **площадные**, которые применяют для заполнения площадей объектов (пашни, леса, озёра, луга);
- **линейные**, показывающие объекты линейного характера (дороги, реки, линии связи и электропередач);
- **внемасштабные**, служащие для изображения объектов, размеры которых не выражаются в данном масштабе карты или плана (мосты, километровые столбы, колодцы, геодезические пункты);
- **пояснительные**, представляющие собой цифровые и буквенные надписи, характеризующие объекты (глубину и скорость течения рек, грузоподъёмность и ширину мостов, породу леса и т. п.);
- **специальные** устанавливаются соответствующими ведомствами отраслей народного хозяйства (знаки для маркшейдерских планов нефтегазовых месторождений, нефтепромысловые сооружения и установки, скважины, нефте- газопроводы и т. п.).

Рельеф на топографических картах изображается горизонталями.

Вычертить несколько наиболее распространённых условных знаков, используя топографическую карту (исходя из варианта задания).

1.5.2. Масштабы

Масштаб – это отношение длины линии l на чертеже, плане, карте к длине L горизонтального проложения, соответствующей линии в натуре.

Числовой масштаб, обозначаемый $1:M$, представляет собой правильную дробь, у которой числитель равен 1, а знаменатель M показывает во сколько раз уменьшены линии местности при изображении их на плане. Например, для масштаба $1:100$ единице длины на плане соответствует 100 таких единиц на местности, или 1 см на плане – 100 см (1.0 м) на местности. Чем больше знаменатель числового масштаба, тем больше степень уменьшения, т. е. тем мельче масштаб.

Линейный масштаб представляет собой шкалу с делениями, соответствующими данному числовому масштабу. Для построения линейного масштаба на прямой линии откладывают несколько раз расстояние, называемое **основанием масштаба** (длину основания принимают равной 1...2.5 см). Первое основание делят на десять равных частей и на правом конце его пишут ноль, а на левом – то число метров или километров, которому на местности соответствует в данном масштабе основание. Вправо от нуля над каждым делением надписывают значение соответствующих расстояний на местности (на рис. 1.1).

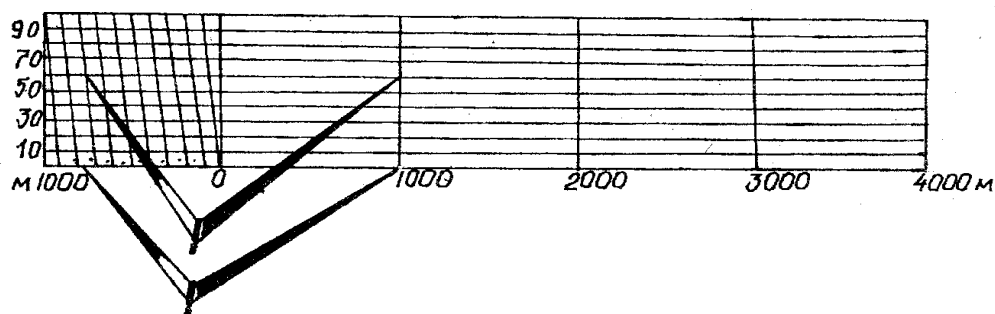
Задание: вычертить линейный масштаб согласно выданному варианту.



Рисунок 1.1 – Линейный масштаб для числового масштаба 1:50000

Поперечный масштаб применяют для измерений и построений повышенной точности. Как правило, поперечный масштаб гравировают на металлических пластинах, линейках, транспортирах. Для заданного варианта числового масштаба поперечный масштаб строится на чертеже.

Построение поперечного масштаба начинают (как и при построении линейного) с откладывания несколько раз основания масштаба, и первый отрезок делят на 10 частей. Деления надписывают, как и при построении линейного масштаба. Из каждой точки подписанного деления восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают десять отрезков, равных десятой доле основания. Через точки, полученные на перпендикулярах, проводят прямые линии параллельно основанию. Верхнюю линию делят также на десять равных частей. Полученные точки верхних и нижних делений на первом отрезке соединяют, как показано на рисунке 1.2. Полученные линии называют **трансверсалими**.



М 1:50000

Рисунок 1.2 – Поперечный масштаб для числового масштаба 1:50000

Например, для того чтобы в масштабе 1:50000 (рис. 1.2) отложить длину, равную на местности 1760 м, правую ножку циркуля-измерителя совмещают с точкой 1000 м справа от нуля, а левую с точкой 700 м слева

от нуля. Затем измеритель поднимают на шесть делений вверх (60 м) и раздвигают до точки, соответствующей 1760 м.

Задание: построить поперечный масштаб, соответствующий заданному числовому.

Измерить три отрезка, обозначенных на карте, используя числовой, линейный и поперечный масштабы, и записать результаты в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Измерение горизонтальных проложений отрезков

Наименование отрезка	Графическое изображение отрезка	Горизонтальное проложение в масштабах, м		
		линейный	числовой	поперечный

1.5.3. Определение координат

1. Определение географических координат

Рамка топографической карты называется **картографической**. Она разбита на минуты, которые в свою очередь разбиты на десятки секунд (на рис. 1.3 обозначено точками).

На боковых сторонах рамки нанесены деления по широте, на северной и южной – по долготы.

Соединив однозначные деления минут и секунд, нанесённые на северной и южной рамках, получим направление истинного или географического меридиана данной долготы.

Пример. Определить широту φ и долготу λ точки S. Географические координаты юго-западного угла карты: $\varphi = 54^{\circ}40'$ – северной широты, $\lambda = 18^{\circ}00'$ – восточной долготы. Проведя через точку S истинный меридиан (Аи), определим его долготу. Для этого сосчитаем, сколько минут и секунд заключено между западной стороной рамки и истинным меридианом точки S. Полученное число минут и секунд прибавим к долготы западной рамки:

$$X_N = 6066000 \text{ м} + 820 \text{ м} = 6066820 \text{ м}.$$

Аналогично определяют ординату точки N. Ордината левой стороны квадрата 4308 км, $bN = 850 \text{ м}$, тогда:

$$Y_N = 4308000 \text{ м} + 850 \text{ м} = 4308850 \text{ м}.$$

1.5.4. Измерение азимутов и дирекционного угла линии

Истинный азимут $A_{и}$ – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением истинного (географического) меридиана и направлением на предмет (измеряется транспортиром по карте).

Магнитный азимут $A_{м}$ – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением магнитного меридиана и направлением на предмет (измеряется компасом на местности).

Дирекционным углом ДУ (α) называется угол между северным направлением вертикальной линии километровой сетки и направлением на предмет. Измеряется по ходу часовой стрелки.

На рис. 1.4 показано, как измерить $A_{и}$, $A_{м}$ и α направления SN, где: Сб (γ) – сближение меридианов; Ск (δ) – магнитное склонение; ПН – поправка направления.

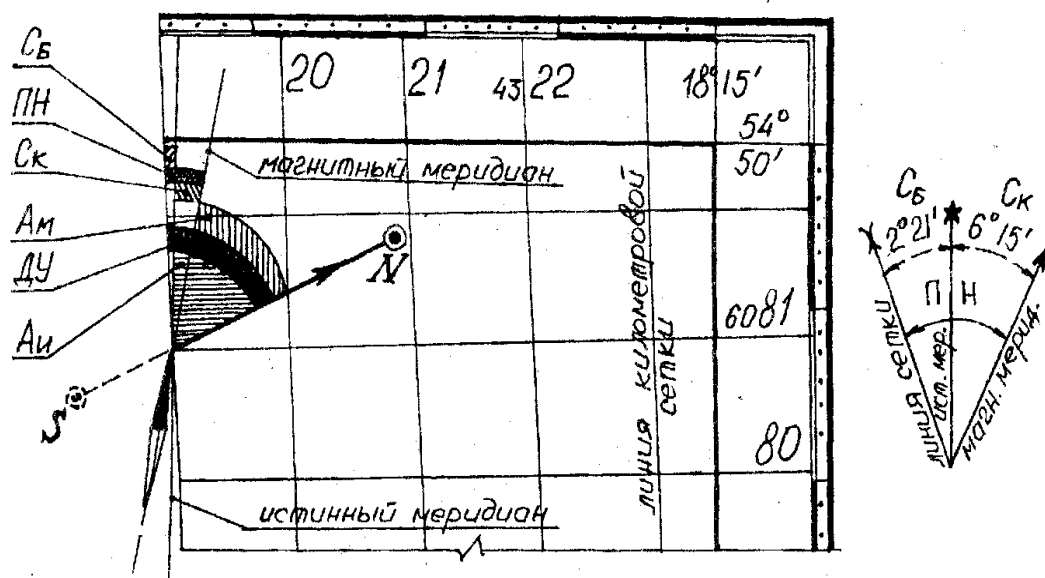


Рисунок 1.4 – Измерение азимутов и дирекционного угла линии

Таким образом: $A_{И} = A_{М} + (\pm CK),$ (1.1)

$$A_{М} = A_{И} - (\pm CK), \quad (1.2)$$

$$A_{М} = \alpha_{SN} - (\pm ПН), \quad (1.3)$$

$$ПН = \pm CK - (\pm Сб), \quad (1.4)$$

$$ДУ = \alpha_{SN} = A_{М} + (\pm ПН). \quad (1.5)$$

1.5.5. Определение отметок точек

Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали. Если же точка (S) находится между двумя смежными (не одноименными) горизонталями (рис. 1.5), то отметку получают расчетным путём, для чего через эту точку проводят линию, приблизительно перпендикулярную горизонталями, и измеряют в миллиметрах отрезки ML и MS. Превышение Δh точки S над M определяется из пропорции, вытекающей из подобия треугольников, т. е. $ML - h$

$$MS - \Delta h, \quad (1.6)$$

где h – высота сечения рельефа.

$$\Delta h = MS \text{ (мм)} \times h \text{ (м)} / ML \text{ (мм)}. \quad (1.7)$$

Отметка точки S будет равна: $102,5 + \Delta h$.

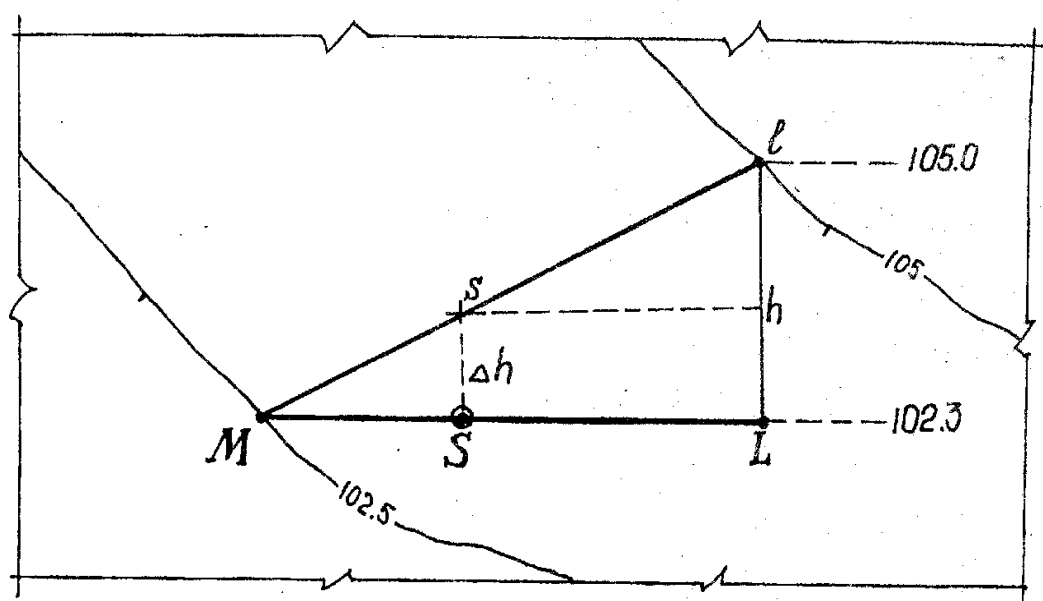


Рисунок 1.5 – Определение отметки точки

1.5.6. Определение уклонов

Уклон любой линии на карте находим по формуле:

$$\operatorname{tg} v = h/d = i, \quad (1.8)$$

где v – угол наклона линии к горизонту, в градусах;

h – разность отметок (превышение) концов линии;

d – горизонтальное проложение (проекция) линии;

i – уклон линии в тысячных долях.

Например, найти уклон линии между точками S и A (рис. 1.6). Уклон линии SA определяем так:

$$h = (H_A - H_S) = 141.3 - 151.1 = -9.8 \text{ м}$$

$$d = SA \times M = 3.8 \times 100 = 380 \text{ м.}$$

Здесь $SA = 3,8 \text{ см}$,

M – знаменатель масштаба, равный 100 м.

$$i = \operatorname{tg} v = -9.8 \div 380 = -0.026,$$

$$v = 1^\circ 30'.$$

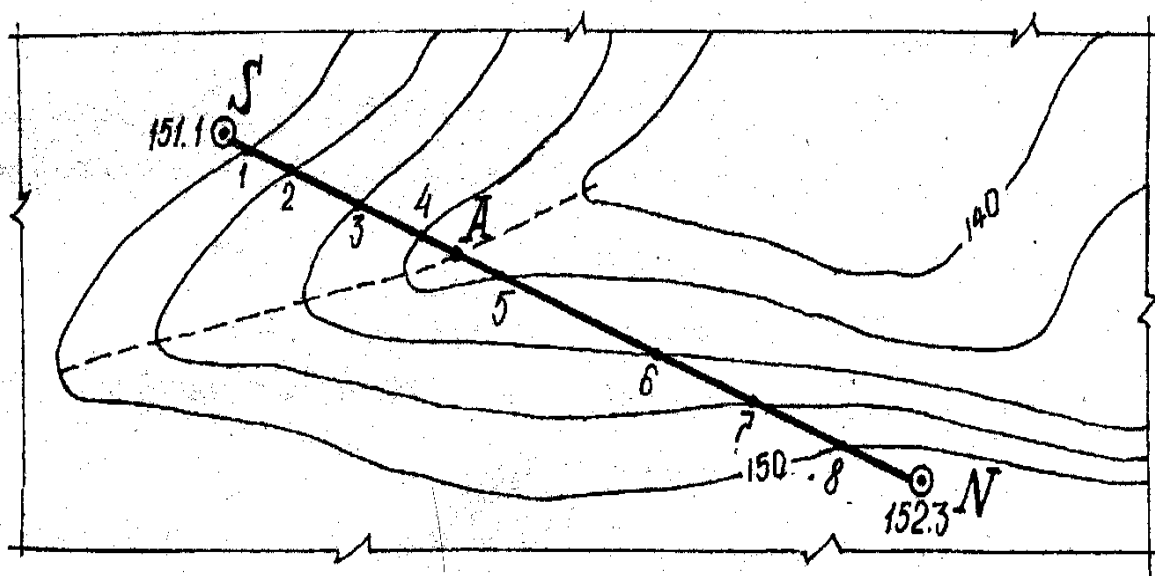


Рисунок 1.6 – Определение уклонов

1.5.7. Измерение угла наклона линии с помощью графиков «Масштаб заложения»

Графики масштабов заложения (рис. 1.7а) строятся по формулам, вытекающим из выражения (1.8):

$$\text{для определения углов наклона: } d = h / \operatorname{tg} v; \quad (1.9)$$

$$\text{для определения уклонов: } d = h/i. \quad (1.10)$$

Пользуясь циркулем-измерителем, по построенным графикам масштабов заложений находят искомые v и i для отрезков заданной линии SN (рис. 1.7б).

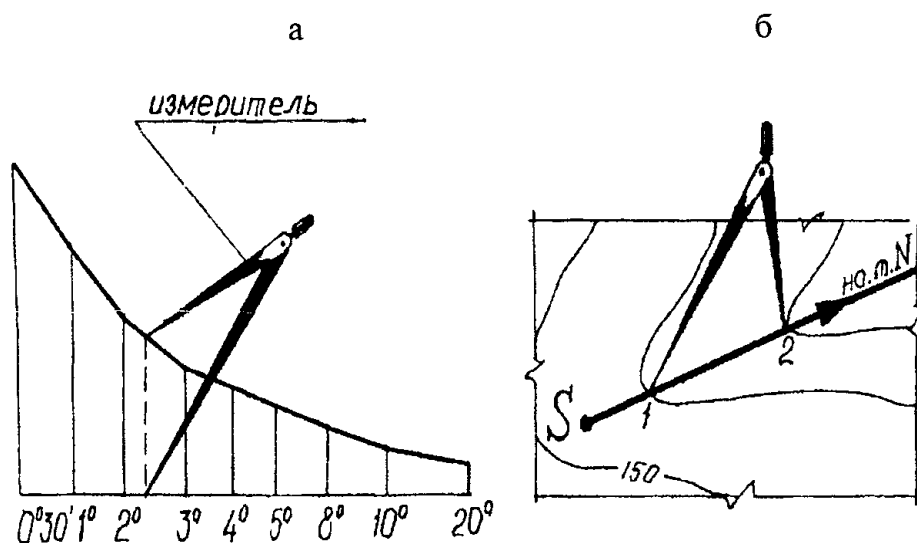


Рисунок 1.7 – Определение уклонов с помощью графика масштаба заложения

1.5.8. Построение профиля местности

Профиль местности (рис. 1.8) строят на миллиметровой бумаге по заданной линии SN в такой последовательности:

- к заданной профильной линии SN прикладывают лист миллиметровой бумаги и переносят на её край короткими черточками места пересечения горизонталей с профильной линией (выходы горизонталей);

- на листе миллиметровой бумаги слева у горизонтальных линий подписывают высоты, соответствующие высотам горизонталей на карте, приняв условно промежутки между этими линиями за высоту сечения;

- от всех черточек (выходов горизонталей) опускают перпендикуляры до пересечения их с соответствующими по отметкам параллельными линиями и отмечают полученные точки пересечения;

- соединяют точки пересечения плавной кривой, которая и изображает профиль местности.

Длины отрезков $S - 1$, $1 - 2$ и т.д. измеряют по линейному масштабу и подписывают под профилем (рис. 1.8).

Вертикальный масштаб (шкала высот) принимается в десять раз крупнее горизонтального.

Отметку условного горизонта вычисляют по формуле

$$УГ = Н_0 - K \times M, \quad (1.11)$$

где $Н_0$ – минимальная отметка точки на линии профиля, округлённая до значения, кратного знаменателю вертикального масштаба;

M – знаменатель вертикального масштаба (м);

K – коэффициент, принимаемый равным 5 – 7.

Измеренные и вычисленные значения отметок H , превышений h , горизонтальных проложений d , уклонов i и углов наклона ν для всех отрезков заданной профильной линии SN заносят в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Расчет элементов продольного профиля местности

№№ точек	Отметка точки H , м	Расстояние между горизонталями, h , м	Горизонтальное проложение, d , м	Уклон $i = h/d$	Угол наклона, ν , °
S					
1					
2					
.....					

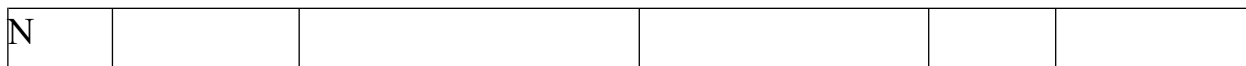
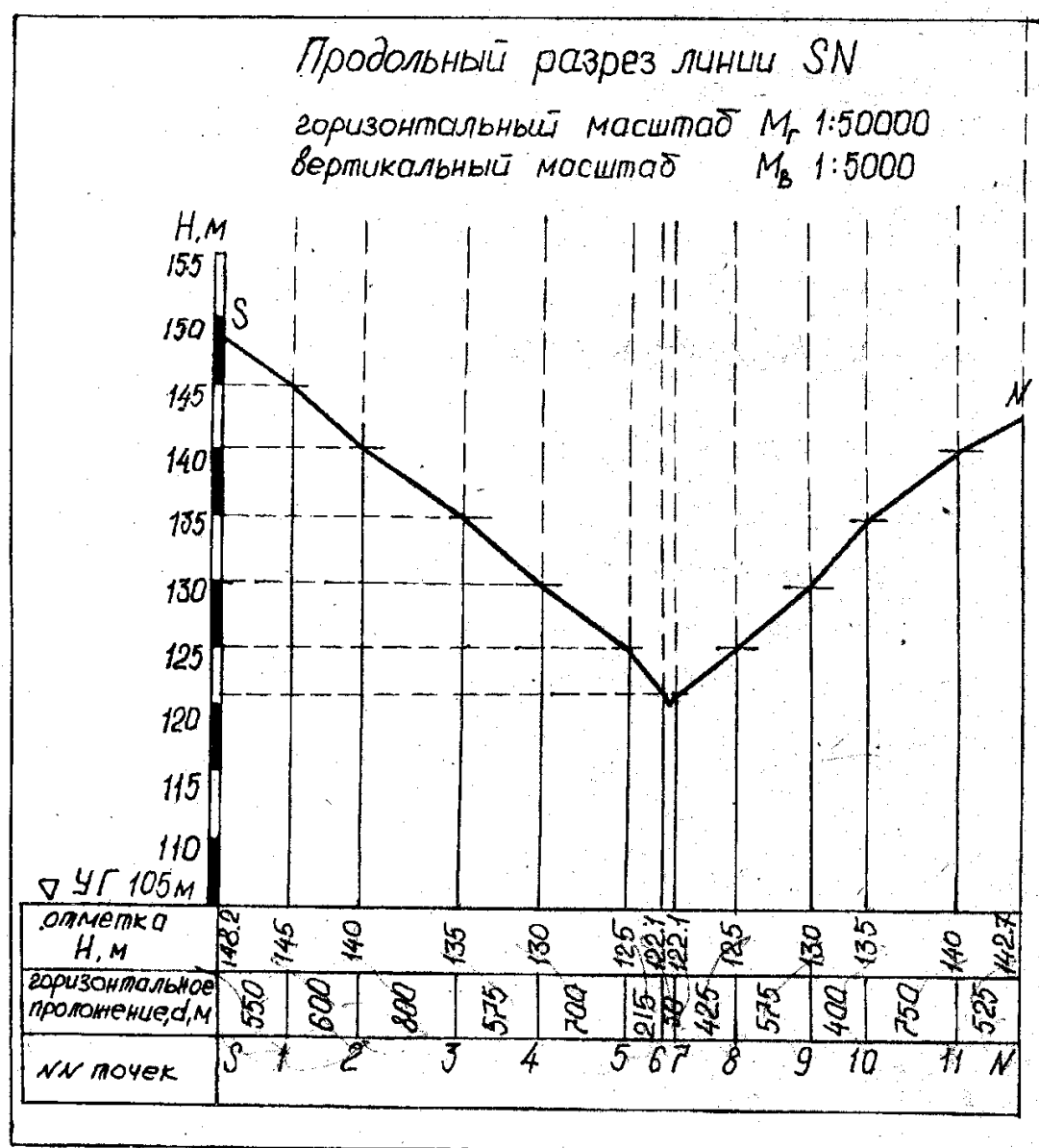
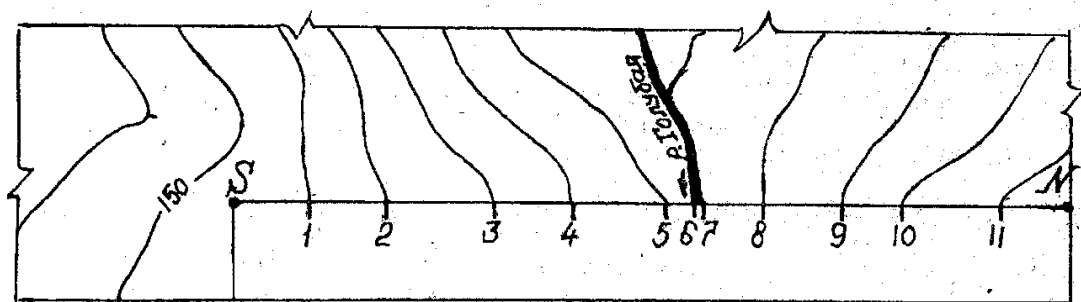


Рисунок 1.8 – Продольный профиль местности



1.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; вычерченные условные знаки топографических карт; построенные линейный и поперечный масштабы, подписанные согласно масштабу выданной топографической карты; таблицу 1.1 с вычерченными и измеренными в разных масштабах отрезками; определенные по карте географические и прямоугольные координаты заданных точек; измеренные и вычисленные ориентирные углы заданного на карте направления; таблицу 1.2 с расчетом элементов продольного профиля местности по заданному направлению и вычерченный на миллиметровой бумаге продольный разрез по заданному направлению.

1.7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. На какие группы подразделяются условные знаки топографических карт?
2. Что называют масштабом карты?
3. Что называется дирекционным углом?
4. Что называется истинным и магнитным азимутом направления?
5. Как определяются уклоны и углы наклона отрезков на картах?
6. Как определяется отметка точки по топографической карте?
7. Как определяются географические и прямоугольные координаты точек по топографической карте?

Защита проводится в виде собеседования.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Устройство теодолита и работа с ним (3 часа)

2.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ

Тема (6): Топографические съемки.

Цель: изучение устройства теодолита 2ТЗО, ознакомление с правилами выполнения его поверок и юстировок, а также умение на практике измерять расстояния, вертикальные и горизонтальные углы с помощью этого прибора. Работа выполняется группами по 2–5 студентов.

Содержание работы следующее:

1. Изучить устройство теодолита.
2. Выполнить поверки (при необходимости юстировку) теодолита.
3. Научиться пользоваться отсчетным устройством прибора и измерить в лабораторных условиях расстояние, горизонтальные и вертикальные углы, заданные преподавателем.
4. Оформить лабораторную работу на бумаге формата А4 и в назначенный срок представить к защите.

2.2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Теодолит – это прибор для измерения и построения на местности горизонтальных и вертикальных углов.

Наиболее распространены на практике следующие типы теодолитов: теодолиты с металлическими лимбами (обычной конструкции) и оптические теодолиты (теодолиты со стеклянными кругами). Отечественной промышленностью выпускаются теодолиты серий 2Т2, 2Т5, 2Т5К, 2Т2А, 2Т30, 3Т2КП, 3Т5КП и др.

Теодолиты 2Т30 широко применяются при создании съемочных сетей, для теодолитно-тахеометрической съемки, при выполнении инженерно-изыскательских и маркшейдерских работ.

2.3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

1. Теодолит 2Т30, штатив, отвес.
2. Две нивелирные рейки, две вехи.

2.4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

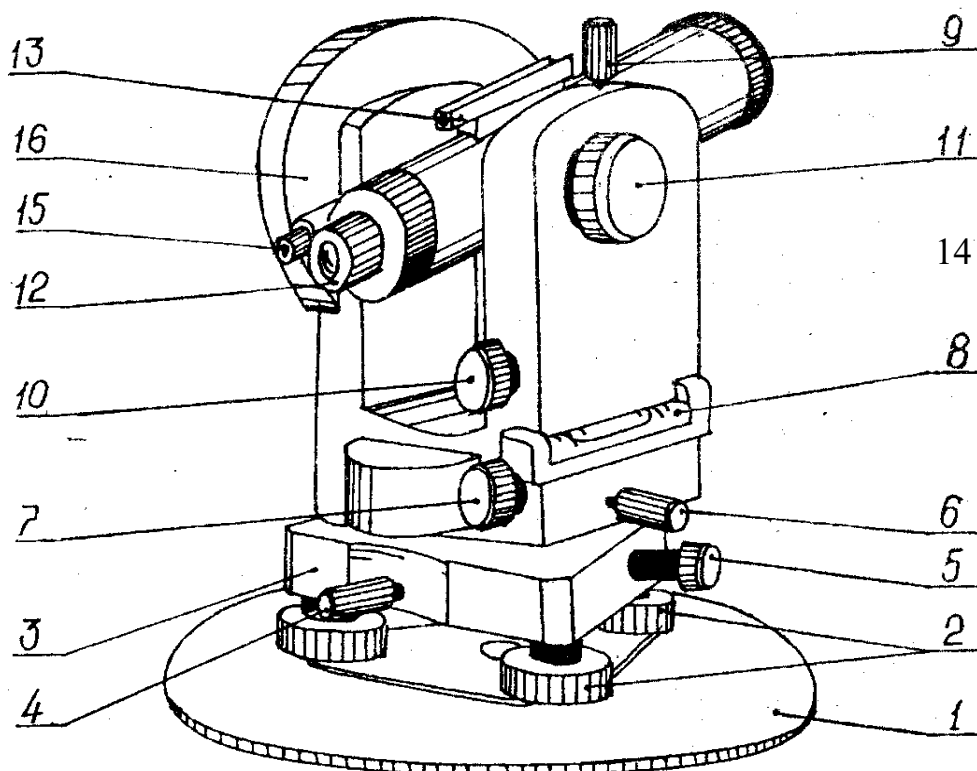
Необходимо осторожно обращаться с вешками и штативами, так как они имеют острые концы, а также оберегать геодезические приборы от ударов и сотрясений. Переносить приборы нужно в специальных футлярах.

2.5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.5.1. Устройство и поверки теодолита

Устройство и расположение основных осей теодолита 2ТЗО показаны на рисунках 2.1 и 2.2.

Рисунок 2.1 – Устройство теодолита 2ТЗО:



1 – основание; 2 – подъёмные винты; 3 – подставка; 4 – закрепительный винт лимба; 5 – наводящий винт лимба; 6 – закрепительный винт алидады; 7 – наводящий винт алидады; 8 – уровень алидады горизонтального круга; 9 – закрепительный винт трубы; 10 – наводящий винт трубы; 11 – кремальера наведения на резкость; 12 – окуляр трубы; 13 – оптический

визир; 14 – кремальера фокусировки трубы; 15 – фокусирующее кольцо окуляра шкалового микроскопа; 16 – вертикальный круг

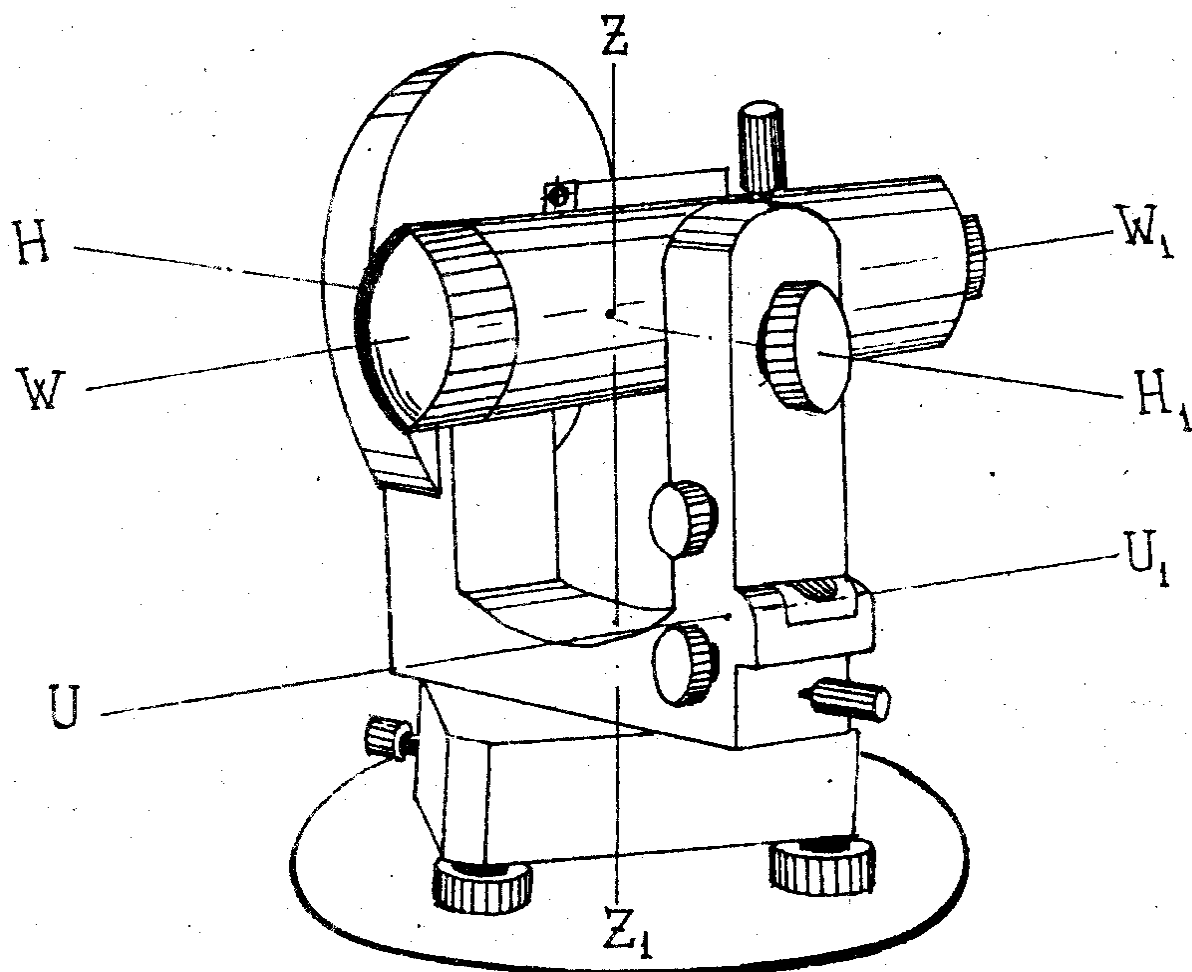
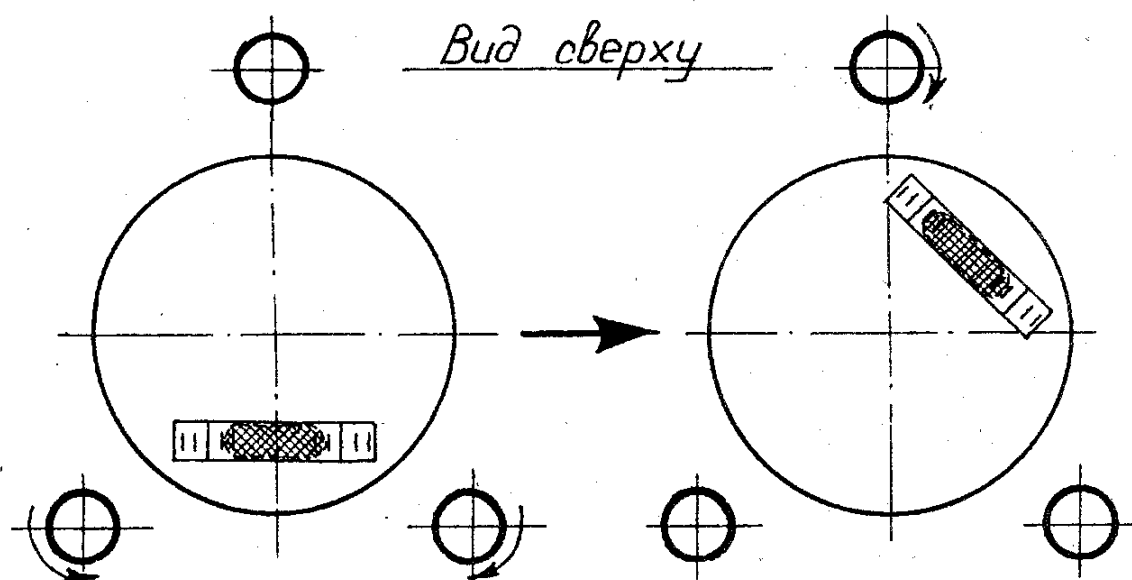


Рисунок 2.2 – Схема взаимного расположения осей в теодолите:

ZZ_1 – основная ось вращения теодолита; UU_1 – ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга – воображаемая прямая, касательная к внутренней поверхности уровня в его нуль-пункте; HH_1 – горизонтальная ось вращения зрительной трубы; WW_1 – визирная ось зрительной трубы – воображаемая прямая, проходящая через центр сетки нитей, и оптический центр объектива

Перед началом работ для обеспечения необходимой точности измерения углов выполняют проверки соблюдения геометрических условий, которым должен удовлетворять теодолит. Прежде чем выполнить проверки, теодолит устанавливают на штатив и приводят в рабочее



положение (рис. 2.3).

Рисунок 2.3 – Приведение оси вращения теодолита в отвесное положение

2.5.1.1. Проверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня UU_1 при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к основной оси вращения теодолита ZZ_1 , (рис.2.3).

Выполнение проверки: установить уровень параллельно линии, проходящей через любые два подъемных винта. Привести пузырек уровня в нуль-пункт, вращая эти подъемные винты в разные стороны или навстречу друг другу. Повернуть алидаду на 180° .

Условие считается выполненным, если после поворота пузырек остался в нуль-пункте или отклонился не более чем на 1,5 деления.

Если пузырек отклонился более чем на 1,5 деления от нуля-пункта, то проводят юстировку (рис. 2.4).

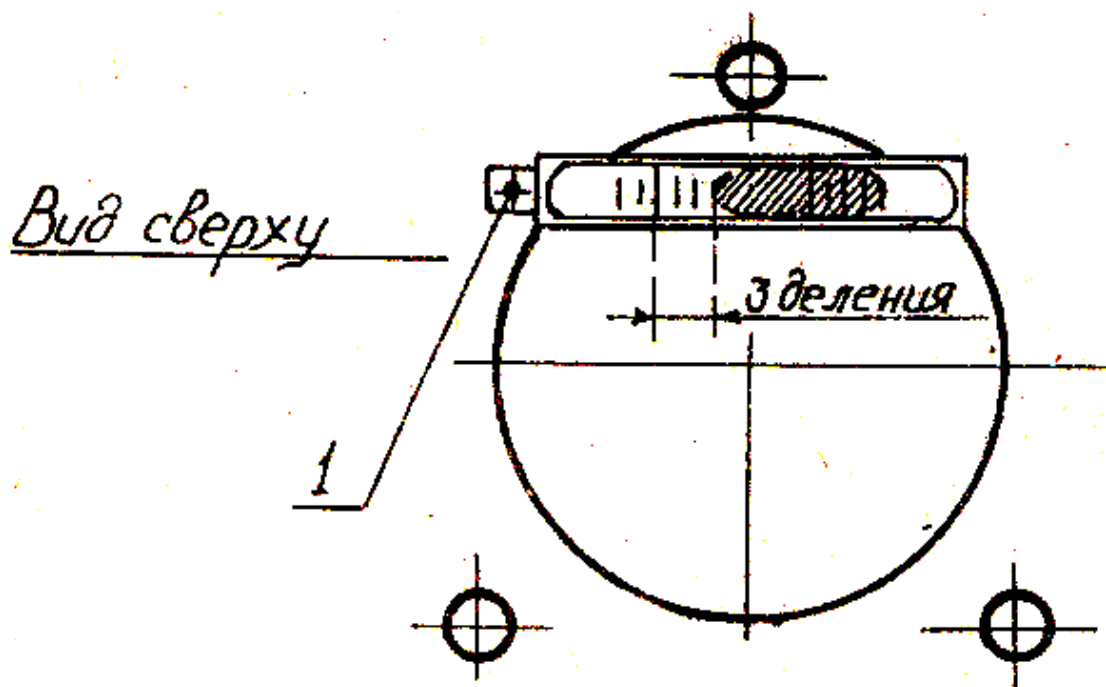


Рисунок 2.4 – Юстировка цилиндрического уровня

Юстировка: определить, на сколько делений пузырек сместился от нуля-пункта (например, на 3 деления). Переместить пузырек исправительными винтами уровня 1 к середине на половину дуги отклонения (на 1,5 деления). Привести пузырек уровня в нуль-пункт подъёмными винтами (еще на 1,5 деления), повторить поверку.

2.5.1.2. Поверка сетки нитей

Вертикальная нить сетки при отвесном положении вертикальной оси теодолита должна совпадать с отвесной линией (рис. 2.5а). Если условие не выполнено (рис. 2.5б), необходимо провести юстировку.

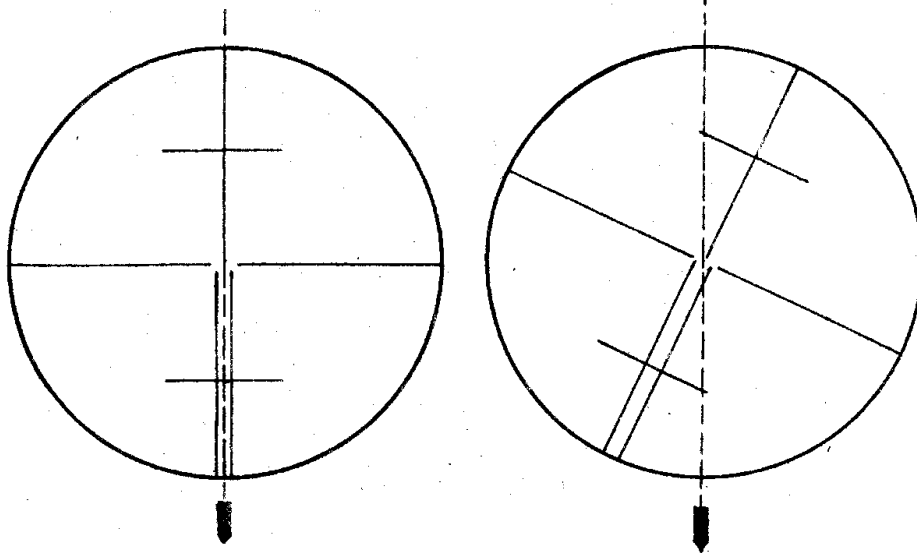


Рисунок 2.5 – Поверка сетки нитей по отвесу

Выполнение поверки: поверка выполняется двумя способами.

Первый способ (по точке): навести край вертикальной нити на какую-либо точку и закрепить лимб и алидаду. Вращая трубу наводящим винтом в отвесной плоскости, необходимо следить за положением вертикальной нити относительно наблюдаемой точки. Условие выполнено, если вертикальная нить проходит через точку. Если условие не выполнено, необходимо провести юстировку.

Второй способ (по отвесу): навести вертикальную нить сетки на нить отвеса (рис. 2.5). Условие выполнено, если нить сетки совпадает с нитью отвеса (рис. 2.5а). В противном случае (рис. 2.5б) необходимо поворачивать куляр вместе с сеткой до тех пор, пока вертикальная нить сетки не совпадет с нитью отвеса.

Юстировка: отвернуть винты крепления окуляра к трубе 1 (рис. 2.6) и повернуть окуляр с сеткой так, чтобы при повторном перемещении вертикальная нить прошла через наблюдаемую точку. Закрепить винты крепления окуляра к трубе.

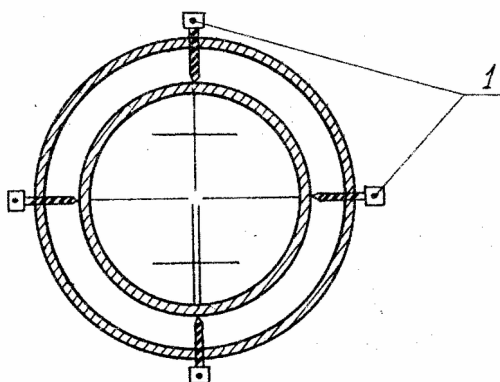


Рисунок 2.6 – Сетка нитей с исправительными винтами

2.5.1.3. Поверка коллимационной ошибки

Визирная ось WW_1 зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси NN_1 вращения трубы.

Коллимационной ошибкой называется угол, на который визирная ось трубы отклоняется от перпендикулярного направления к горизонтальной оси вращения трубы (угол C на рис. 2.7).

Неперпендикулярность визирной оси трубы к горизонтальной оси вращения зрительной трубы вызывается смещением центра сетки нитей в сторону от геометрической оси трубы.

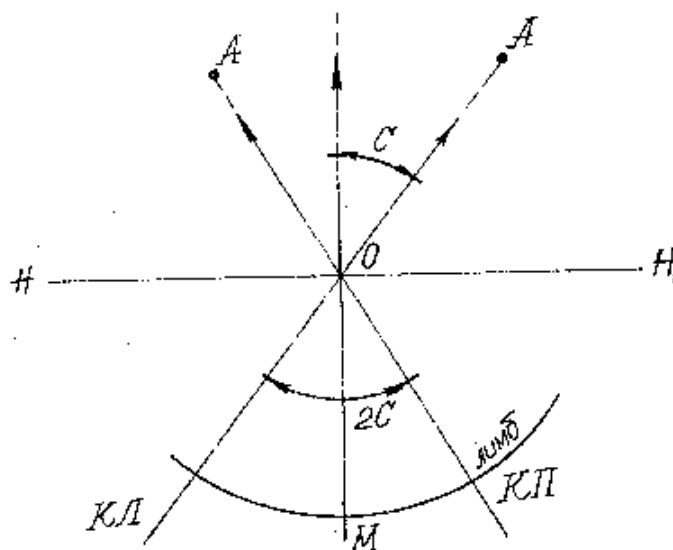


Рисунок 2.7 – Поверка коллимационной ошибки

Выполнение поверки: навести зрительную трубу на удаленную точку, расположенную примерно на горизонте инструмента при положении вертикального круга (КЛ). Произвести отсчет по горизонтальному кругу (например, КЛ = $142^{\circ}11'$) и записать в рабочую тетрадь (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Определение коллимационной ошибки

Круг теодолита	КЛ	КП	С
Горизонтальный	$142^{\circ}11'$	$322^{\circ}17'$	$-0^{\circ}03'$

Перевести трубу через зенит и при положении круга (КП) навести трубу на ту же точку. Произвести отсчет по горизонтальному кругу (КП = $322^{\circ}17'$) и записать в тетрадь.

Коллимационную ошибку вычислить по формуле:

$$C = \text{КЛ} - \text{КП} \pm 180^{\circ}/2. \quad (2.1)$$

Условие считать выполненным, если $C < 2t$ ($t = 30''$ – точность прибора). Если $C > 2t$, необходимо произвести юстировку прибора.

В нашем примере $C = (142^{\circ}11' - 322^{\circ}17' + 180^{\circ})/2 = -6'/2 = -3'$

$$C > 2t = 2'. \quad (2.2)$$

Юстировка: вычислить средний отсчет, соответствующий верному положению визирной плоскости, по формуле:

$$M = (\text{КЛ} + \text{КП} \pm 180^{\circ})/2,$$

$$M = (142^{\circ}11' + 322^{\circ}17' + 180^{\circ})/2 = 322^{\circ}14'.$$

Наводящим винтом алидады 7 (рис.2.1) вместо отсчета КП = $322^{\circ}17'$ установить отсчет $M = 322^{\circ}14'$ на горизонтальном круге. Вертикальная нить сетки сместится с наблюдаемой точки (рис. 2.8).

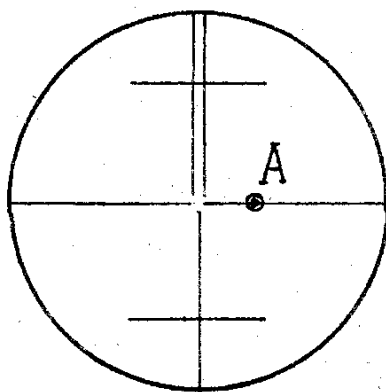


Рисунок 2.8 – Юстировка

Совместить вертикальную нить сетки с наблюдаемой точкой А, действуя горизонтальными исправительными винтами 1 (рис. 2.6).

2.5.1.4. Поверка равенства подставок

Горизонтальная ось HH_1 вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к основной оси вращения ZZ_1 теодолита.

Выполнение поверки: выполняется двумя способами.

Первый способ: закрепить при КП лимб и навести пересечение сетки нитей на выбранную точку А в верхней части стены и закрепить алидаду (рис. 2.9).

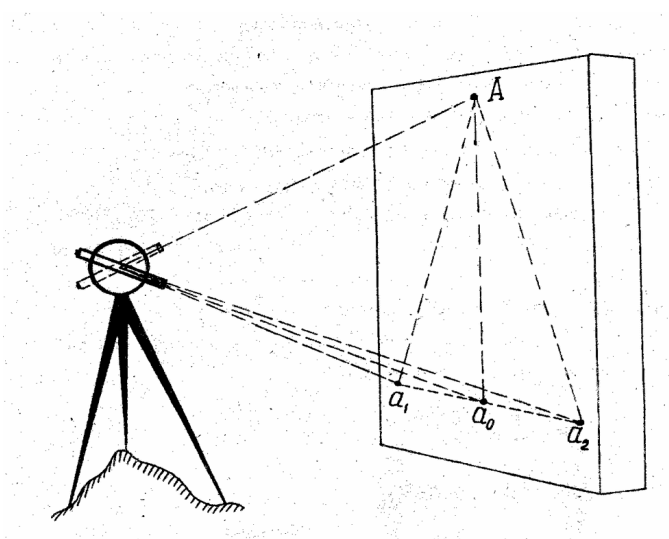


Рисунок 2.9 – Выполнение поверки равенства подставок

Опустить трубу до горизонта инструмента и отметить на стене проекцию a_1 на пересечении сетки нитей. Перевести трубу через зенит. Открепить алидаду и при КЛ навести пересечение сетки нитей на точку А и закрепить алидаду. Опустить трубу до уровня ранее отмеченной точки и отметить проекцию a_2 пересечения сетки нитей.

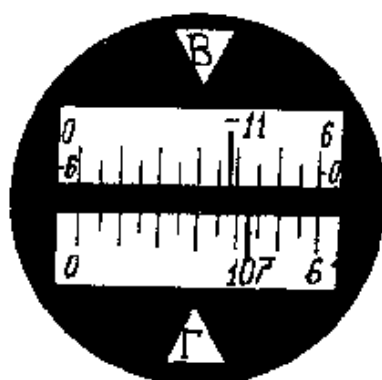
Если точки a_1 и a_2 совместились или выполняется неравенство $a_1 a_2 / Aa \leq 1/600$, условие считать выполненным. Если условие не выполняется, исправление производится в оптико-механической мастерской.

Второй способ: при КП визируют высоко расположенную точку А. Поворотом трубы в вертикальной плоскости проектируют точку А на заранее установленную горизонтально нивелирную рейку (рис. 2.9) и снимают отсчет a_1 . Те же действия выполняют и при КЛ и снимают отсчет a_2 .

Если $a_1 - a_2 / Aa \leq 1/600$, условие считается выполненным.

2.5.1.5. Отсчетное устройство теодолита 2ТЗО (2ТЗОП)

В качестве отсчетного устройства в теодолитах 2ТЗО, 2ТЗОП используется шкаловый микроскоп, в поле зрения которого видны изображения делений горизонтального и вертикального кругов лимба и шкалы. Длина шкалы равна изображению наименьшего градусного деления круга лимба. Индексом для отсчета служит штрих лимба, который располагается в пределах шкалы (рис. 2.10).



Отсчеты

Г - $107^{\circ} 43'$

В - $11^{\circ} 22'$

Рисунок 2.10 – Отсчетное устройство теодолита 2ТЗОП

Изображение штрихов вертикального и горизонтального кругов соответственно обозначены буквенными символами В и Г.

2.5.2. Работа с теодолитом

После проведения поверок и соблюдения всех геометрических условий, которым должен удовлетворять теодолит, можно приступать непосредственно к полевым работам.

2.5.2.1. Измерение горизонтальных углов

Теодолит центруют над точкой А (станцией). На точках В и С, между которыми измеряется угол, устанавливают визирные цели: марки, вехи и т. д. (рис. 2.11).

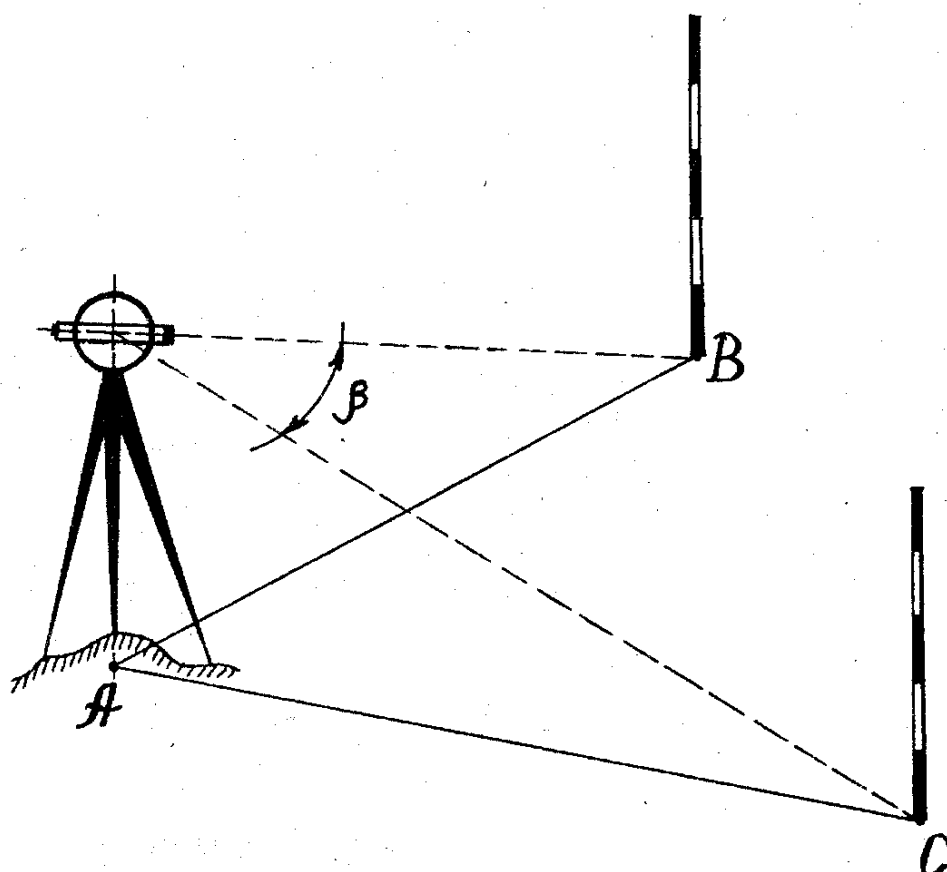


Рисунок 2.11 – Измерение горизонтальных углов

Существует несколько способов измерения горизонтальных углов. Один из них **способ приемов**.

Измерение угла при одном положении вертикального круга – полуприем (КЛ или КП). Полный прием – измерение при положениях вертикального круга КЛ и КП.

Более точные результаты получают, проводя измерения несколькими приемами.

Результаты измерений записывают в полевой журнал (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Журнал измерения горизонтальных углов

Станция	Точка наблюдения	Положение вертикального круга	Отчет по горизонтальному кругу	Угол, полученный из полуприёма	Среднее значение угла
А	1	КЛ	227°45′	21°21′	21°21′
	2		249°06′		
	1	КП	46°45′	21°21′	
	2		68°06′		

Пример: Горизонтальный угол из полуприема:

при КЛ: $\beta_1 = \text{КЛ}_1 - \text{КЛ}_2 = 249^\circ 06' - 227^\circ 45' = 21^\circ 21'$;

при КП: $\beta_2 = \text{КП}_2 - \text{КП}_1 = 68^\circ 06' - 46^\circ 45' = 21^\circ 21'$.

Среднее значение угла:

$$\beta_{\text{ср}} = (\beta_1 + \beta_2)/2 = 21^\circ 21'.$$

Шкала горизонтального круга проградуирована от 0 до 360°.

2.5.2.2. Измерение вертикальных углов

Углом наклона ν называют угол между горизонтальной плоскостью и направлением на наблюдаемую точку (рис. 2.12). Угол наклона бывает положительный и отрицательный. Положительный угол наклона выше горизонтальной оси, отрицательный – ниже.

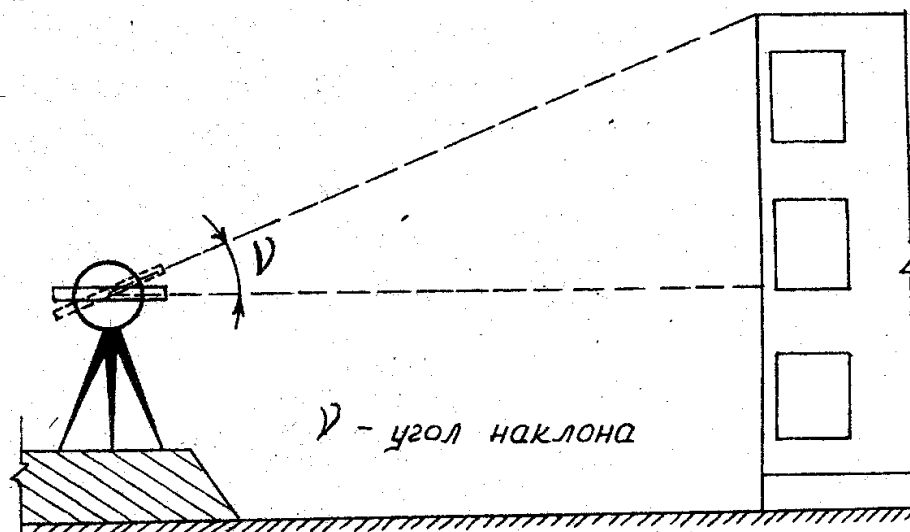


Рисунок 2.12 – Измерение угла наклона

Шкала для вертикального круга имеет 2 ряда цифр со знаком «+» и «-». По шкале от 0 до 6 берется отсчет в том случае, когда показания лимба положительны.

По шкале от 0 до -6, когда показания лимба отрицательны.

В процессе измерения углов наклона определяют место нуля МО – отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы, который должен быть постоянным и близким к нулю.

Для этого приводят пузырек уровня при визирной трубе в нуль-пункт и визируют на точку, берут отсчет КЛ, затем на ту же точку при КП.

МО для 2ТЗО:

$МО = 0,5 (КЛ + КП)$, МО не должно превышать 1,5'.

Угол наклона для 2ТЗО вычисляют по одной из формул:

$$v = 0,5 (КЛ - КП), \quad (2.3)$$

$$v = КЛ - МО, \quad (2.4)$$

$$v = МО - КП. \quad (2.5)$$

Для других теодолитов формулы вычисления МО и v приводятся в паспорте.

Если условия не выполняются, проводится юстировка теодолита. Не смещая трубы с наблюдаемой точки при КЛ, наводящим винтом зрительной трубы установить по вертикальному кругу отсчет, равный углу наклона v (при этом горизонтальная нить сетки сместится с наблюдаемой точки). Совместить исправительными винтами сетки нитей 1 (рис. 2.6) горизонтальную нить с наблюдаемой точкой.

Результаты измерений сводят в журнал (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Журнал измерения углов наклона

Станция	Точка наблюдения	Отсчет по верт. кругу		МО	Угол наклона v°
		КЛ	КП		
А	1	4°29'		0°01'	4°28'

Например:

$$МО = 0,5(КЛ + КП) = 0,5(4^\circ29' - 4^\circ27') = 0,5 \times 02' = 01';$$

$$v = КЛ - МО = 4^\circ29' - 01' = 4^\circ28';$$

$$\text{или } v = МО - КП = 01' + 4^\circ27' = 4^\circ28';$$

$$\text{или } v = (КЛ - КП)/2 = (4^\circ29' + 4^\circ27')/2 = 4^\circ28'.$$

2.5.2.3. Измерение расстояний

Расстояние измеряют нитяным дальномером по вертикальной рейке с сантиметровыми делениями (рис. 2.13).

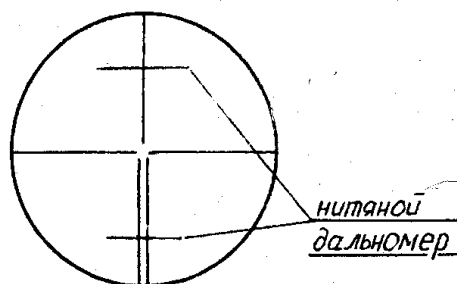


Рисунок 2.13 – Нитяной дальномер

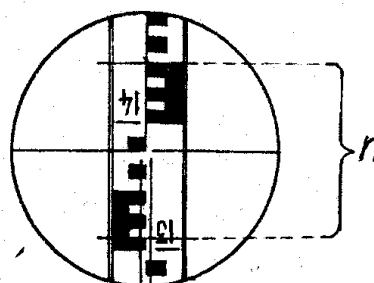


Рисунок 2.14 – Определение расстояния

Подсчитав число делений n между верхней и нижней нитями (рис. 2.14), находят искомое расстояние по формуле:

$$D = K \times n + C, \quad (2.6)$$

где K – коэффициент дальномера; $K = 100$ (по паспорту);

C – постоянная дальномера. C равна 0 (по паспорту). Из-за малости ею пренебрегают.

Например: $d = 100 \times 14 \text{ см} = 1400 \text{ см} = 14 \text{ м}$,

где $n = 14$ сантиметровых делений.

Горизонтальное проложение линии находят по формуле:

$$D = d \times \cos^2 \nu. \quad (2.7)$$

2.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; схему теодолита с обозначением всех его частей; законспектированные поверки и юстировки; таблицы с данными измеренных горизонтальных и вертикальных углов; определение места нуля вертикального круга теодолита.

2.7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. Что называется теодолитом?
2. Классификация теодолитов по точности и устройству?
3. Поверки и юстировки теодолита?
4. Как определяется место нуля теодолита?
5. Способы измерения горизонтальных и вертикальных углов?

При защите работы студент должен показать практическое владение прибором и теоретические знания по устройству, поверкам и юстировкам прибора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Устройство, поверки, юстировки нивелира и работа с ним (3 часа)

3.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ

Тема (7): Нивелирование.

Цель: изучение устройства нивелиров Н-3, Н-10Л, выполнение их поверок и юстировок, а также определение превышений и отметок этими приборами на практике (в лабораторных условиях).

Работа выполняется бригадами по 2–5 студентов, каждый из которых должен: изучить устройство уровенных нивелиров Н-3, Н-10Л и нивелирных реек; научиться производить поверки и юстировки нивелиров в полевых условиях; уметь измерять превышения и определять отметки заданных точек.

3.2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Нивелиры предназначены для производства геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек, а также их высоты (отметки) над принятой уровенной поверхностью. Промышленность выпускает нивелиры двух основных типов: с компенсатором углов наклона зрительной трубы и с уровнем при ней. По точности нивелиры подразделяются на высокоточные – типа Н-0,5, точные – типа Н – 3 (Н - 3К, Н - 3КЛ) и технические – Н-10. Цифры в маркировке приборов означают величину квадратической погрешности нивелирования двойного хода длиной 1 км в миллиметрах.

3.3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

1. Нивелир Н-3 или Н-10Л.
2. Две стандартные нивелирные рейки.
3. Бумага формата А4.

3.4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Необходимо осторожно обращаться с вешками и штативами, так как они имеют острые концы, а также оберегать геодезические приборы от ударов и сотрясений. Переносить приборы нужно в специальных футлярах.

3.5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.5.1. Устройство уровенных нивелиров и реек

3.5.1.1. Нивелир Н-3

Нивелир Н-3 – точный нивелир с цилиндрическим уровнем и элевационным винтом, предназначен для нивелирования III и IV классов точности и для инженерно-геодезических изысканий (рис. 3.1).

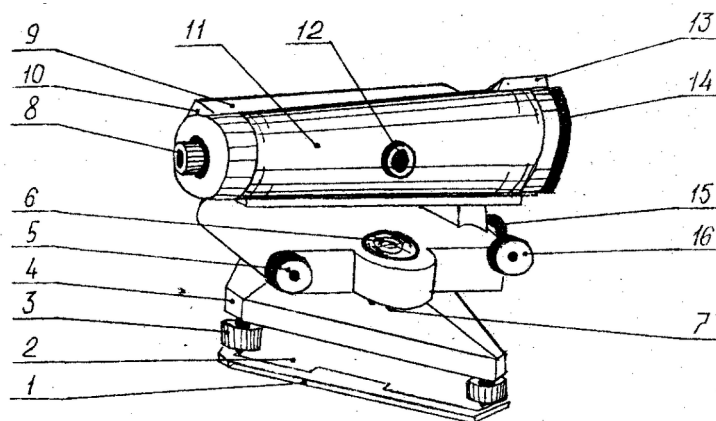


Рисунок 3.1 – Точный нивелир Н-3:

1 – головка штатива; 2 – пружинящая пластина; 3 – подъёмные винты;
4 – подставка; 5 – элевационный винт; 6 – круглый уровень; 7 –
исправительные винты; 8 – окуляр; 9 – коробка цилиндрического уровня; 10
– торцевая часть; 11 – зрительная труба; 12 – кремальера; 13 – мушка визира;
14 – объектив; 15 – закрепительный винт; 16 – наводящий винт трубы.

Нивелир Н-3 состоит из двух основных частей: нижней неподвижной подставки нивелира 4 и верхней подвижной рабочей части прибора.

Верхняя рабочая часть нивелира состоит из вертикальной оси вращения прибора, подставки зрительной трубы, круглого уровня 6 и зрительной трубы 11.

Зрительная труба состоит из объектива 13 и окуляра 8. На верхней части трубы находится мушка визира 13 для грубой наводки зрительной трубы на предмет.

Труба с внутренней фокусировкой. Кремальера 12 служит для получения четкого изображения. Четкого изображения сетки нитей достигают вращением окулярной трубочки 8. Контактный цилиндрический уровень жестко прикреплен к корпусу зрительной трубы. Изображение концов пузырька уровня с помощью системы призм передается в поле зрения зрительной трубы (рис. 3.2).

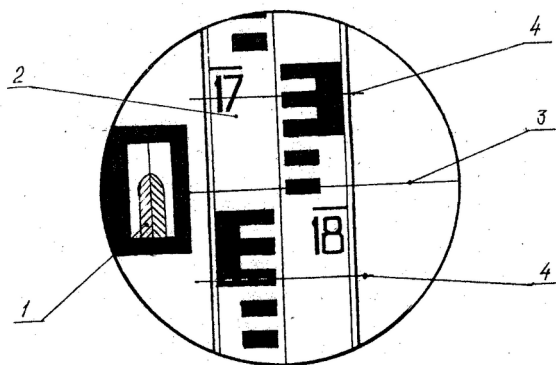


Рисунок 3.2 – Поле зрения зрительной трубы

- 1 – изображение пузырька цилиндрического уровня; 2 – нивелирная рейка;
3 – средняя горизонтальная нить сетки; 4 – дальномерная нить сетки

Правильный отсчет будет в том случае, когда концы пузырька цилиндрического уровня будут совмещены, как показано на рисунке 3.2. Для подсветки уровня имеется зеркало, для юстировки уровня в торцевой части 10 (со стороны окуляра) – четыре исправительных винта уровня. Для закрепления вертикальной оси нивелира при грубом наведении на предмет (рейку) служит закрепительный винт 15, а для точного наведения – наводящий винт 16.

Элевационный винт 5 служит для вращения трубы в вертикальной плоскости. Круглый уровень 6 предназначен для приведения вертикальной оси в отвесное положение. Юстируют круглый уровень с помощью трёх исправительных винтов 7.

3.5.1.2. Нивелир Н – 10Л

Технический нивелир Н-10Л – малогабаритный нивелир с контактным цилиндрическим уровнем и элевационным винтом – снабжен лимбом для измерения горизонтальных углов (рис. 3.3).

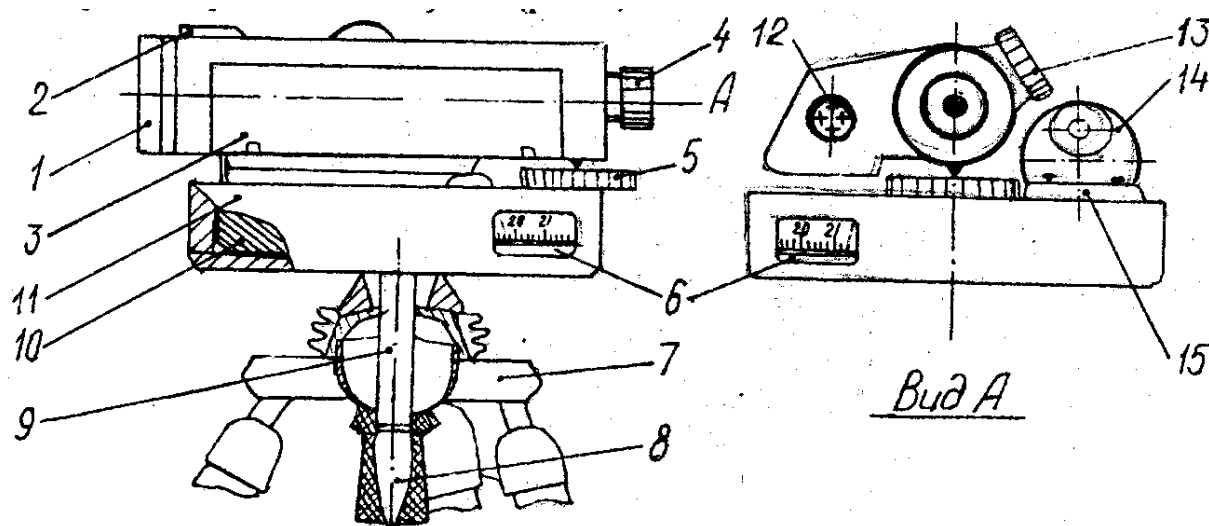


Рисунок 3.3 – Схема нивелира Н-10Л: 1 – объектив; 2 – мушка; 3 – откидное зеркало; 4 – окуляр; 5 – элевационный винт; 6 – окошко для отсчетов по лимбу; 7 – шаровая пята; 8 – рукоятка станového винта; 9 – становой винт; 10 – лимб горизонтального круга; 11 – кожух; 12 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 13 – кремальера; 14 – зеркало; 15 – круглый уровень; 16 – предохранительный колпачок

Нивелир предназначен для выполнения технического нивелирования и имеет ряд конструктивных особенностей, одно из которых – отсутствие трегера с подъемными винтами. Для установки нивелира по круглому уровню 15 служит шаровая пята 7 на головке специального штатива, на которой и закрепляют нивелир. Приводя нивелир в рабочее положение, вывинчивают на 1 – 1,5 оборота становой винт 9 и, наклоняя нивелир рукояткой станowego винта 8, приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт.

Нивелир пригоден для приближенного измерения горизонтальных углов, для чего имеет лимб 10, отсчеты по которому берут с точностью до десятых долей градуса через окошко 6.

Зрительная труба вращается по азимуту на 360° и не имеет закрепительного и наводящего винтов, т.е. труба наводится на рейку от руки.

Приведение пузырька контактного цилиндрического уровня в нуль-пункт выполняют элевационным винтом 5. Остальные приемы работы с нивелиром Н-10Л аналогичны приемам с нивелиром Н-3.

3.5.1.3. Нивелирные рейки и порядок отсчитывания по ним

Нивелирная рейка состоит из двух брусков двутаврового сечения, соединенных между собой металлической фурнитурой, что позволяет складывать ее при транспортировке. Рейки выпускают трех типов: РН – 10, РН – 3 и РН – 05. Буквы обозначают: Р – рейка, Н – нивелирная, а цифры 10, 3 и 05 – средние квадратические погрешности нивелирования в мм на 1 км хода. Рейки бывают: цельные, складные и раздвижные; односторонние и двусторонние. При геодезических работах в строительстве наиболее часто применяются (нивелирование III и IV класса) стандартные трёхметровые складные двусторонние рейки РН – 3П – 3000С с сантиметровыми делениями. При этом с одной стороны рейки деления черные, а с другой красные (черные и красные стороны

рейки). Дециметровые деления рейки оцифрованы с черной стороны от 0 до 29. С красной – от 46 до 75. На каждой стороне рейки цветные шашки каждого дециметрового интервала, соответствующие участку в 5 см, соединяются вертикальной полосой. На концах нивелирной рейки укрепляют пятки в виде металлических полос толщиной 2 мм. Отсчитывание по рейке производят по средней горизонтальной нити нивелира. Отсчет всегда представляет собой четырехзначное число в миллиметрах: первые две цифры – ближайший подписанный дециметр над средней пяткой; третья цифра – число целых сантиметров от начала данного дециметра, четвертая цифра – десятые доли сантиметра, оцениваемые на глаз. Например, на рисунке 24 отсчет равен 1786.

3.5.2. Поверки и юстировки уровенных нивелиров

Перед началом полевых работ выполняются поверки нивелира для обеспечения необходимой точности измерений, т.е. контроль взаиморасположения основных осей нивелира (рис. 3.4).

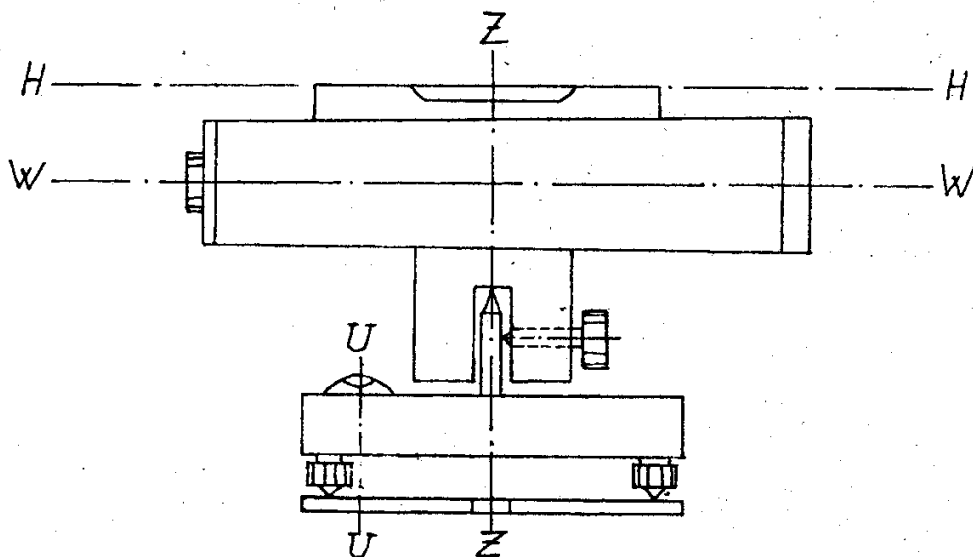


Рисунок 3.4 – Основные оси уровенных нивелиров: HH – ось цилиндрического уровня; WW – визирная ось зрительной трубы; ZZ – ось

вращения; UU – ось круглого уровня

3.5.2.1. Поверка круглого уровня

Ось круглого уровня UU должна быть параллельна оси вращения нивелира ZZ.

Выполнение поверки

Установить круглый уровень нивелира Н-3 между любыми двумя подъемными винтами. Вращая (одновременно) их в противоположные стороны, привести пузырек уровня на середину, а затем третьим подъемным винтом привести его в нуль-пункт. Повернуть трубу на 180° и заметить положение пузырька. Если он не вышел за пределы второй окружности, условие считают выполненным (для нивелира Н-10Л пузырьки круглого уровня приводят в нуль-пункт с помощью рычажков клиновидно-дисковой системы и повторяют те же операции, что и с нивелиром Н-3).

Если условие не выполняется, проводится юстировка.

Юстировка нивелира

Пузырек смещают в сторону нуль-пункта на половину отклонения юстировочными винтами уровня. С помощью подъемных винтов (или клиновидно-дисковой системы) пузырек доводят до нуль-пункта (перемещая на вторую половину отклонения) и вновь поворачивают трубу на 180° (повторяют поверку). Поверку и юстировку повторяют 2–3 раза до выполнения условия с точностью до 0,1–0,2 деления.

3.5.2.2. Поверка сетки нитей

Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.

Выполнение поверки.

Первый способ (по точке). Вращая тремя подъемными винтами или с помощью клиновидно-дисковой системы по относительному круглому уровню, нивелир приводят в рабочее положение. Замечают на краю поля

зрения трубы точку М, изображение которой попадает на среднюю горизонтальную нить сетки нивелира (рис. 3.5). Плавно вращают трубу в горизонтальной плоскости и, если нить сетки не сходит с этой точки, условие выполнено. Если условие не выполняется, проводят юстировку.

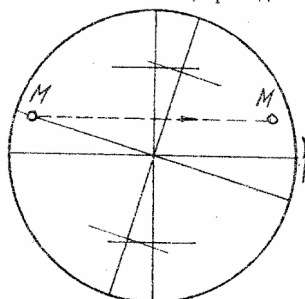


Рисунок 3.5 – Проверка сетки нитей по точке

Второй способ (по отвесу). Приводя нивелир в рабочее состояние, наводят вертикальную нить на нить подвешенного в поле зрения отвеса. Вертикальная нить нивелира совпадает с нитью отвеса – условие выполнено. В противном случае требуется юстировка.

Юстировка

Юстировка выполняется поворотом сетки нитей (рис. 3.5), для чего у нивелира Н-3 со зрительной трубы снимают окуляр 8 (рис. 3.1) и поворачивают оправу сетки нитей в требуемое положение. У нивелира Н-10Л окуляр не снимают, а снимают только предохранительный колпачок 16 (рис. 3.3) и, ослабив крепительные винты окуляра, поворачивают его вместе с сеткой нитей в необходимое положение.

3.5.2.3. Проверка главного условия

Ось НН контактного цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси WW зрительной трубы.

Выполнение проверки

Способ двойного нивелирования линии. В точках А и В, расположенных на расстоянии 50-70 м, забивают колышки (рис. 3.6). Нивелир устанавливают так, чтобы окуляр проецировался на вертикали над точкой А (рис. 3.6 а). Измеряют высоту прибора i_1 от верха колышка до центра окуляра с точностью до 1 мм (мерной лентой, рулеткой).

Визируют на рейку, установленную в точке В, и производят отсчет b , предварительно приведя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт.

Меняют местами нивелир и рейку, измеряют высоту прибора i_2 и берут отсчет на рейке a (рис. 3.6 б).

Вычисляют погрешность X не параллельности осей WW и NN :

$$X = (a + b) / 2 - (i_1 + i_2) / 2. \quad (19)$$

Если $X \leq \pm 4$ мм, условие выполнено.

Если $X \geq \pm 4$ мм, выполняют юстировку.

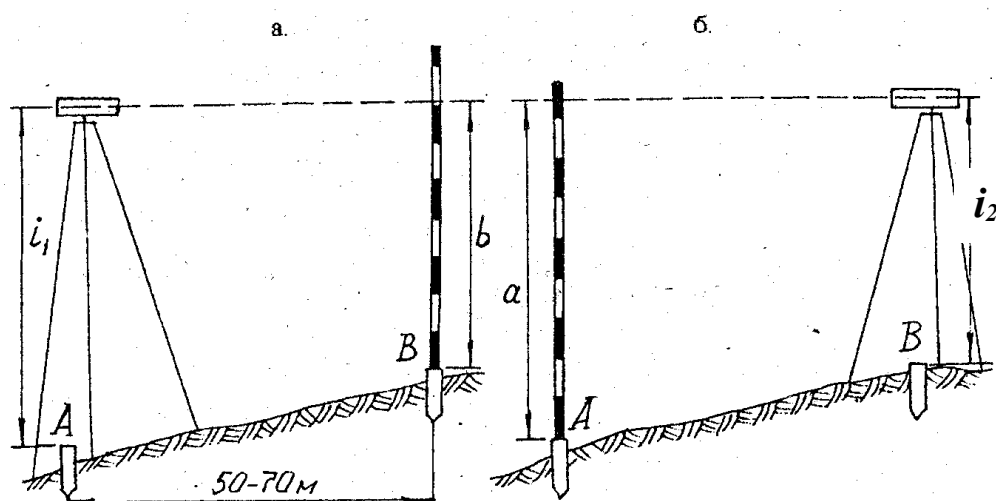


Рисунок 3.6 – Двойное нивелирование линии

Юстировка

Необходимо вычислить отсчет a_0 : $a_0 = a - x$ и элевационным винтом совместить среднюю горизонтальную нить сетки с отсчетом a_0 на рейке. Пузырёк цилиндрического уровня приводят в нуль-пункт вертикальными исправительными винтами 10 (рис. 3.1) или 12 (рис. 3.3). Затем поверку повторяют.

3.5.3. Определение превышений и отметок методом геометрического нивелирования

Наиболее часто применяемый способ геометрического нивелирования – это так называемый способ «из середины» (рис. 3.7). Приведя нивелир в рабочее состояние и сняв отсчеты, превышение h находят по формуле: $h = a - b$ или $h_{\text{ч}} = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}}$, где $a_{\text{ч}}$ и $b_{\text{ч}}$ – соответственно отсчеты по задней и передней рейкам по черным сторонам (для повышения точности измерений и контроля на станции часто дополнительно производят отсчеты по красным сторонам рейки и находят превышение $h_{\text{к}} = a_{\text{к}} - b_{\text{к}}$. Разница в отсчетах $\Delta h = \pm h_{\text{ч}} - h_{\text{к}} \leq 4$). Отметку точки В при известной отметке точки А, равной H_{Rp42} , находят по формуле:

$$H_{\text{В}} = H_{\text{Rp42}} + h_{\text{ср}}, \text{ где } h_{\text{ср}} = (h_{\text{к}} + h_{\text{ч}}) / 2. \quad (3.1)$$

Применив вышеприведенный способ «из середины», в лабораторных условиях определить превышения и отметки заданных точек и занести результаты измерений в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Журнал нивелирования

№ станции	№ точки	Отсчеты по рейкам(мм)		Превышение h_i (мм)	Среднее превышение $h_{\text{ср}}$ (мм)	Абсолютная отметка H_i (м)
		Задней, а	Передней, b			
1	Rp42	$a_{\text{ч}}$ $a_{\text{к}}$	-	$h_{\text{ч}}$		

	C	-	φ κ	κ		
2	Rp42	φ κ		φ		
	D		φ κ	κ		

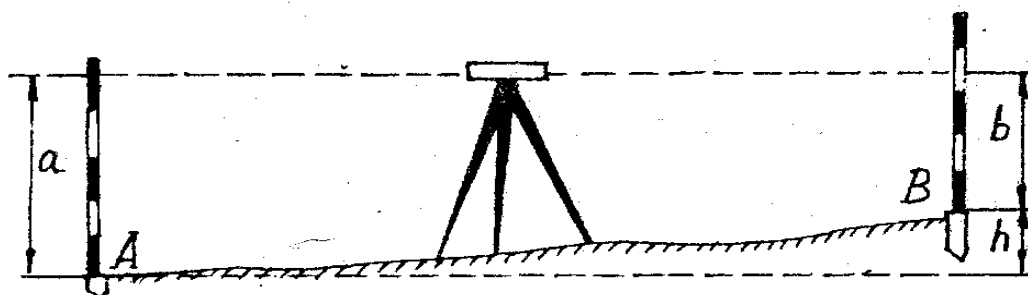


Рисунок 3.7 – Способ «из середины»

3.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет оформляется на листах формата А4 и должен содержать схему устройства нивелиров Н-3, Н-10Л, порядок производства поверок и юстировок и таблицу с пробными измерениями.

3.7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. Назначение нивелиров?
2. Классификация нивелиров по точности и конструкции?
3. Поверки и юстировки уровенных нивелиров?
4. Способы геометрического нивелирования?

При защите работы студент должен показать практическое владение прибором и теоретические знания по устройству, поверкам и юстировкам прибора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Построение и проектирование продольного профиля линейного сооружения (1,5 часа)

4.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ

Тема (6): Топографические съемки.

Цель: помочь в изучении раздела «Нивелирование трассы линейного сооружения».

Для достижения поставленной цели каждый студент должен выполнить индивидуальное задание, которое заключается в обработке журнала технического нивелирования, построении продольного профиля и выполнении расчетов, связанных с нанесением на профиль проектной линии.

Содержание занятия следующее:

1. Произвести обработку журнала нивелирования.
2. Составить профиль трассы дороги в масштабах: горизонтальном - 1:1000; вертикальном - 1:100.
3. Нанести на профиль проектную линию в соответствии с техническими условиями на проектирование трассы. Вычислить необходимые проектные величины.
4. Оформить отчет в соответствии с предъявленными требованиями.

4.2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Трасса – это линия, определяющая ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, нанесенная на карту или заданная координатами основных точек в цифровой модели местности.

Основными элементами трассы являются ее план (ее проекция на

горизонтальную плоскость) и продольный профиль (вертикальный разрез по проектируемой линии сооружения).

В плане трасса должна быть по возможности прямолинейной, а в продольном профиле трассы должен обеспечиваться определенный допустимый уклон.

В зависимости от назначения трасса должна удовлетворять определенным требованиям, устанавливаемым техническими условиями на ее проектирование.

4.3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

1. Циркуль-измеритель, транспортир, линейка, карандаш, инженерный калькулятор, цветная тушь или цветные гелевые ручки.

2. Бумага формата А4.

3. Миллиметровая бумага формата А2.

4.4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Выполнение данной работы носит расчетно-графический характер и не требует соблюдения особых требований по технике безопасности.

4.5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для выполнения задания каждый студент получает: журнал технического нивелирования; пикетажную книжку; отметки начального и конечного реперов H_{Rp1} ; H_{Rp2} ; данные для вычисления основных элементов круговой кривой: пикетажное положение вершины угла поворота трассы – ВУ, величину угла поворота трассы – θ , радиус кривой – R .

4.5.1. Обработка журнала технического нивелирования

Цель работы – вычисление отметок всех связующих и промежуточных точек трассы. Обработку журнала ведут в следующем порядке (пример обработки журнала приведен в приложении 3):

1. В графу 10 «Абсолютные отметки» журнала технического нивелирования выписывают отметки начального и конечного реперов H_{Rp1} и H_{Rp2} .

2. Вычисляют превышения между связующими точками h_1 и h_2 как разность отсчетов по черной стороне задней З и передней П реек и по красной стороне:

$$h_1 = (З - П)_{ч.}, \quad (1.1)$$

$$h_2 = (З - П)_{к.} \quad (1.2)$$

Если $h_1 - h_2 \leq 5$ мм, то вычисляют среднее превышение

$$h_{cp} = \frac{1}{2}(h_1 + h_2) \quad (1.3)$$

и записывают его в графу 7 «Средние превышения».

3. Производят постраничный контроль и контроль по ходу. Для этого находят суммы отсчетов по задней $\sum З$ и передней $\sum П$ рейкам, вычисленных $\sum(h_1 + h_2)$ и средних $\sum h_{cp}$ превышений.

Контроль состоит в следующем:

$$\sum З - \sum П = \sum(h_1 + h_2), \quad (1.4)$$

$$\frac{1}{2}\sum(h_1 + h_2) = \sum h_{cp}. \quad (1.5)$$

4. Производят оценку точности нивелирования. Для этого вычисляют полученную невязку f_h в превышениях:

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_{теор}, \quad (1.6)$$

где $\sum h_{cp}$ – сумма средних превышений по всему ходу;

$\sum h_{теор}$ – теоретическая сумма средних превышений.

$$\sum h_{теор} = H_{Rp2} - H_{Rp1}. \quad (1.7)$$

Определяют допустимую невязку $f_{hдоп}$ по формуле:

$$f_{hдоп} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n}, \quad (1.8)$$

где n – число станций.

Если $f_h \leq f_{hдоп}$, то полученную невязку распределяют поровну на все средние превышения со знаком, обратным невязке:

$$\delta f_h = - f_h / n, \quad (1.9)$$

где δf_h – поправка в превышении.

Значения округляют до мм и записывают красным цветом над средними превышениями. Контролем распределения невязки является выполнение условия:

$$\sum \delta f_h = - f_h. \quad (1.10)$$

5. Вычисляют исправленные превышения $h_{\text{испр}}$:

$$h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} + \delta f_h \quad (1.11)$$

и записывают их в графу 8.

Контролем вычисления является выполнение условия:

$$\sum h_{\text{испр}} = h_{\text{теор}}. \quad (1.12)$$

6. Вычисляют отметки связующих точек (пикетов) $H_{\text{ПК}i}$:

$$H_{\text{ПК}0} = H_{\text{Рп}1} + h_{1\text{испр}}; \quad (1.13)$$

$$H_{\text{ПК}1} = H_{\text{ПК}0} + h_{2\text{испр}}. \quad (1.14)$$

Аналогичным образом вычисляют отметки всех пикетов.

Контролем вычислений является получение в конце вычислений отметки $H_{\text{Рп}2}$:

$$H_{\text{Рп}2} = H_{\text{ПК}5} + h_{7\text{испр}}. \quad (1.15)$$

7. Вычисляют отметки промежуточных точек $H_{\text{пром } i}$. Для этого на каждой станции, где имеются промежуточные точки, вычисляют горизонт инструмента $ГИ_i$:

$$ГИ_i = H_{\text{ПК}i} + З_{\text{чи}}, \quad (1.16)$$

где $З_{\text{чи}}$ – отсчет по черной стороне рейки установленной на этом пикете.

Затем вычисляют отметки промежуточных точек:

$$H_{\text{пром } i} = ГИ_i - b_{\text{пром } i}, \quad (1.17)$$

где $b_{\text{пром } i}$ – промежуточный отсчет по рейке, установленной на плюсовой точке.

4.5.2. Построение продольного профиля трассы

Продольный профиль строят на миллиметровой бумаге формата А2.

1. На листе миллиметровой бумаги вычерчивают сетку профиля, размеры граф сетки показаны в приложении 4.

2. Пользуясь журналом технического нивелирования в масштабе 1:1000 заполняют графы «Пикетаж» и «Расстояния».

3. В графу «Отметки земли» выписывают из журнала абсолютные отметки пикетов и промежуточных точек, округляя их до сотых долей метра.

4. Вертикальный масштаб принимают 1:100 (в 10 раз крупнее горизонтального). Выбирают отметку линии условного горизонта так, чтобы точка с минимальной отметкой была на 3 – 5 см выше линии условного горизонта. Откладывают от линии условного горизонта на перпендикулярах к ней абсолютные отметки точек в масштабе 1:100. Точки, полученные в результате построения, соединяют между собой прямыми линиями и получают профиль трассы.

5. Пользуясь пикетажной книжкой (приложение 2), заполняют графу «План трассы» в соответствии с условными знаками.

4.5.3. Нанесение на профиль трассы проектной линии

Проектную линию проводят при соблюдении следующих условий:

1. Проектный уклон не должен превышать предельного $i_{\text{пред}} \leq 0,05$.

2. Переход от положительного уклона к отрицательному (и наоборот) должен сопровождаться горизонтальной площадкой не менее 50 м.

3. Объем земляных работ должен быть минимальным, при этом объем выемок должен равняться объему насыпей.

4. Проектная линия состоит, как правило, из нескольких участков с различными уклонами. Начальной проектной отметкой может быть: отметка точки примыкания трассы к существующим или запроектированным сооружениям. Проектная отметка $H_{\text{ПК0}}$ задается преподавателем.

5. С учетом приведенных условий проводят проектную линию и вычисляют проектные уклоны по формуле:

$$i = h/d = \frac{H_k - H_n}{d}, \quad (1.18)$$

где H_n и H_k – проектные отметки начальной и конечной точек участка проектной линии, определяемые по профилю графически;

d – горизонтальное проложение линии.

6. Для каждого участка трассы, вычисленный предварительно проектный уклон сравнивают с предельным. Если $i \leq i_{\text{пред}}$, то проводят проектную линию. Заполняют графу «Проектные уклоны». Для этого в местах изменения уклонов проводят ординаты, отделяющие один участок проектной линии от другого, внутри графы чертой условно показывают знак уклона. Над чертой, посередине, указывают величину уклона, а под ней – расстояние, на котором действует данный уклон.

4.5.4. Вычисление проектных отметок

1. Вычисляют проектные (красные) отметки пикетов и промежуточных точек по формуле:

$$H_n = H_{n-1} + i \cdot d, \quad (1.19)$$

где H_n – проектная отметка последующей точки;

H_{n-1} – проектная отметка предыдущей точки;

i – проектный уклон на данном участке;

d – горизонтальное расстояние.

Полученные значения округляют до сотых долей метра и записывают в графу «Проектные отметки».

Контролем правильности вычислений является получение проектной отметки на ПК5.

2. Вычисляют рабочие отметки. Рабочие отметки характеризуют высоту насыпи или глубину выемки на каждом пикете и плюсовой точке и определяются как разность между соответствующими проектными (красными) отметками и отметками земли (черными).

Для насыпи рабочие отметки записывают над проектной линией, для

выемки – под проектной линией.

3. Проводят ординаты от точек пересечения проектной линии с линией профиля (от точек нулевых работ) до линии условного горизонта и рассчитывают горизонтальные расстояния от этих точек до ближайшего пикета или плюсовой точки.

Вычисление ведут по формуле:

$$X = \frac{d \cdot |h_1|}{|h_1| + |h_2|}, \quad (1.20)$$

где X – расстояние от заднего пикета или плюсовой точки до точки нулевых работ;

h_1, h_2 – рабочие отметки соответственно на задней и передней точках профиля, между которыми находится точка нулевых работ;

d – расстояние между точками.

Вычисляют значение Y – расстояние от передней точки до точки нулевых работ.

$$Y = d - X. \quad (1.21)$$

Полученные значения X и Y округляют до сотых долей метра и записывают над линией условного горизонта справа и слева от ординаты.

4. Вычисляют отметки точек нулевых работ (синие отметки) H_c :

$$H_c = H_3 + i \cdot X, \quad (1.22)$$

где H_c – отметка точки нулевых работ;

H_3 – проектная отметка заднего пикета или плюсовой точки.

1.5.5. Расчет пикетажного положения главных точек кривой

На углах поворота трассы производят разбивку главных точек кривой: начала НК, конца КК и середины СК. Предварительно рассчитывают пикетажное положение главных точек кривой.

1. Исходными данными для расчета являются: пикетажное положение угла поворота трассы ВУ, радиус закругления R и величина угла поворота θ . В приведенном примере ВУ на ПКЗ +70,50; $R = 100$ м; $\theta = 65^\circ 28'$.

По значениям R и θ , пользуясь таблицами для разбивки кривых, находят элементы кривой: значения тангенса T , кривой K , биссектрисы B и домера D . Переход к заданному радиусу осуществляется просто, так как все элементы кривой пропорциональны ему. Так, например, для перехода к радиусу, равному 100 м, надо выбранные из таблиц значения уменьшить в 10 раз. Правильность вычисленных по таблицам элементов контролируют по формуле:

$$D = 2T - K. \quad (1.23)$$

Элементы кривой можно рассчитывать с помощью микрокалькулятора по формулам:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}; \quad (1.24)$$

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \theta^\circ}{180^\circ}; \quad (1.25)$$

$$B = R(\sec \theta/2 - 1). \quad (1.26)$$

Для справки: $\sec = \frac{1}{\cos}$.

Все величины вычисляют с точностью до сотых долей метра.

2. Определяют пикетажное положение главных точек кривой по формулам:

$$HK = BU - T; \quad (1.27)$$

$$KK = HK + K; \quad (1.28)$$

$$СК = HK + \frac{1}{2}K = KK - \frac{1}{2}K. \quad (1.29)$$

Контроль выполняют по формуле:

$$KK = BU + T - D. \quad (1.30)$$

Пример приведен на рисунке 1.1.

3. Вычисляют необходимые данные для выноса пикетов на кривую.

Вынос пикетов на кривую производят способом прямоугольных координат. За начало координат принимают НК или КК; направление НК - ВУ или КК - ВУ принимают за ось абсцисс, а перпендикулярное к нему за

ось ординат. Значения координат вычисляют по формулам:

$$x = R \cdot \sin \gamma ; \quad (1.31)$$

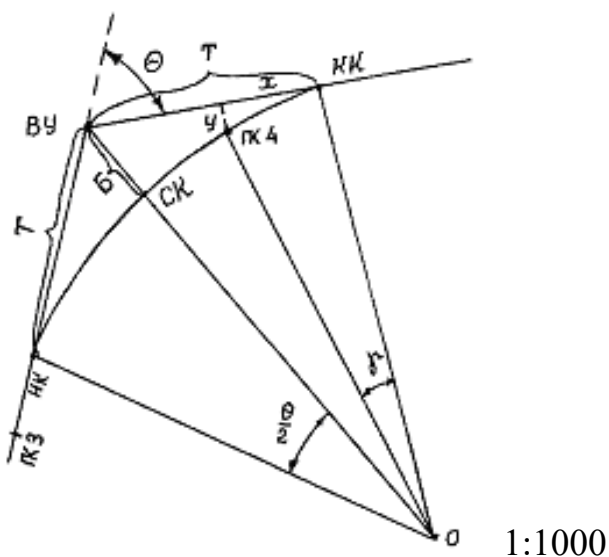
$$y = R(1 - \cos \gamma), \quad (1.32)$$

где γ – угол при выносе точки на кривую.

$$\gamma = \frac{k \cdot 180^\circ}{\pi \cdot R}, \quad (1.33)$$

где k – ближайшее расстояние от пикета до начала или конца кривой.

4. Составляют схему разбивки круговой кривой.



Основные элементы кривой

$$\Theta = 65^\circ 28'$$

$$R = 100 \text{ м}$$

$$T = 64,28 \text{ м}$$

$$K = 114,26 \text{ м}$$

$$D = 14,30 \text{ м}$$

$$B = 18,88 \text{ м}$$

Расчет пикетажного положения главных точек кривой

$$\text{ВУ} \quad \text{ПК } 3 + 70,50$$

$$\underline{-T} \quad 64,28$$

$$\text{НК} \quad \text{ПК } 3 + 6,22$$

$$\underline{+K} \quad 114,26$$

$$\text{КК} \quad \text{ПК } 4 + 20,48$$

$$\underline{-\frac{1}{2}K} \quad 57,13$$

$$\text{СК} \quad \text{ПК } 3 + 63,35$$

$$\text{Контроль:} \quad \text{ВУ} \quad \text{ПК } 3 + 70,50$$

+Т	64,28
Σ	ПК 4 +34,78
-Д	14,30
КК	ПК 4 +20,48

Вынос пикета на кривую
 $k = 20,48$; $\gamma = 11^\circ 44'$; $x = 20,34$ м; $y = 2,09$ м

Рисунок 4.1 – Разбивка круговой кривой

На листе бумаги формата А4 проводят две линии под углом Θ . В масштабе 1:1000 в обе стороны от вершины угла откладывают величину Т, определяют положение НК и КК, засечками из этих точек находят положение центра окружности и проводят дугу окружности.

Угол $(180 - \theta)$ делят пополам и находят положение СК. От принятого начала координат (НК или КК) по направлению тангенса откладывают значение Х, а по перпендикуляру – У и получают положение пикета на кривой. В нижней части листа записывают результаты вычислений.

5. Пользуясь расчетом пикетажного положения главных точек кривой, заполняют графу «План прямых и кривых» профиля.

Посередине графы проводят прямую линию, на ней находят положение точек НК и КК и вычерчивают кривую. При правых углах поворота выпуклость кривой направляют вверх, при левых – вниз. Около кривой выписывают все шесть ее элементов: R, θ , Т, К, Д, Б. На прямых участках трассы (прямых вставках) записывают их длину.

4.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет по практическому занятию оформляется на листах А4. Продольный профиль вычерчивается на миллиметровой бумаге формата А2. Все надписи и построения выполняют тушью или гелевыми ручками тонкими линиями (см. приложение 4).

Красным цветом вычерчивают проектную линию, проектные и рабочие отметки, ось дороги в графе «План трассы», все линии и цифры в графах «Проектные уклоны» и «План прямых и кривых».

Синим цветом, вычерчивают перпендикуляры из точек нулевых работ на линию условного горизонта, указывают рабочие отметки 0,00 и расстояния до точек нулевых работ и их отметки.

Все остальные построения и надписи выполняют черным цветом.

Отчет должен содержать: пикетажную книжку (приложение 1), обработанный журнал технического нивелирования (приложение 2), чертеж круговой кривой в масштабе 1:1000 и ее расчет (рисунок 4.1), профиль продольного нивелирования трассы на миллиметровой бумаге (приложение 3). Графический материал подшивается к отчету.

4.7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

1. Каковы основные технические и экономические требования, предъявляемые к проектированию трасс?
2. Как производится расчет элементов круговых кривых?
3. Как производится расчет пикетажного положения главных точек кривой?
4. Каков порядок обработки журнала технического нивелирования трассы линейного сооружения?
5. Каковы основные принципы построения проектной линии на продольном профиле?

Защита проводится в виде собеседования.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Нивелирование поверхности по квадратам и проектирование

горизонтальной площадки (1,5 часа)

5.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ

Тема (7): Нивелирование.

Цель: данного практического занятия – помочь в изучении раздела «Нивелирование поверхности» и научить студентов выполнять геодезические расчеты, связанные с вертикальной планировкой небольших участков местности.

Содержание работы следующее:

1. Произвести обработку журнала технического нивелирования поверхности по квадратам.
2. Вычертить схему нивелирования поверхности по квадратам.
3. Составить топографический план участка местности в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа через 0,25 м.
4. Запроектировать на плане горизонтальную площадку, соблюдая баланс земляных работ.
5. Составить картограмму земляных работ для горизонтальной площадки в масштабе 1:500.
6. Вычислить объемы земляных работ.
7. Оформить отчет в соответствии с методическими указаниями.

5.2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Нивелирование поверхности выполняют с целью изучения рельефа местности при проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений. Нивелирование поверхности производят одним из следующих способов: способом магистралей, способом параллельных линий,

способом квадратов или комбинированным способом. При выполнении этих работ производят геометрическое нивелирование.

Нивелирование поверхности небольших незастроенных или малозастроенных участков при проведении вертикальной планировки проводят чаще всего способом квадратов. По результатам нивелирования строят топографический план участка с малым сечением его рельефа горизонталями и выполняют вертикальную планировку участка. При проведении вертикальной планировки одним из наиболее важных условий является соблюдение баланса земляных работ (т. е. объем срезки грунта должен приблизительно быть равным объему насыпи грунта). Вертикальная планировка рельефа является одним из основных элементов благоустройства территории.

5.3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

1. Транспортёр, линейка, карандаш, ручка, тушь цветная или цветные гелевые ручки, инженерный калькулятор.
2. Бумага формата А4, ватман формата А4 (2 шт.).

5.4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Выполнение данной работы носит расчетно-графический характер и не требует соблюдения особых требований по технике безопасности.

5.5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для выполнения задания каждый студент получает: журнал технического нивелирования участка местности размером 80 х 80 см (приложения 5-11); схему нивелирования поверхности по квадратам (приложение 4); абсолютную отметку исходного репера.

5.5.1. Обработка журнала технического нивелирования

Обработка журнала нивелирования поверхности по квадратам выполняется так же, как и при нивелировании трассы сооружения линейного типа (см. практическое занятие 1):

1. На станциях вычисляют превышения $h_1, h_2, h_{\text{ср}}$.
2. Выполняют контроль по ходу.
3. Вычисляют невязку в превышениях. Сравнивают ее с допустимой и распределяют ее поровну на все превышения со знаком, обратным невязке и рассчитывают $h_{\text{испр}}$.
4. По исправленным превышениям вычисляют отметки связующих точек.
5. Отметки промежуточных точек определяют через горизонт инструмента.

В результате обработки журнала получают абсолютные отметки всех вершин квадратов. Образец вычисления журнала приведен в приложении 6.

5.5.2. Составление схемы нивелирования поверхности по квадратам

На листе чертежной бумаги вычерчивают сеть квадратов (4 x 4 квадрата) со сторонами 40 мм. Подписывают номера вершин квадратов, наносят на схему опорный ход и указывают порядок нивелирования вершин квадратов (приложение 5).

5.5.3. Составление топографического плана участка местности

Топографический, план участка местности составляют на листе чертежной бумаги (ватман формата А4) в масштабе 1: 500 в следующем порядке:

1. Вычерчивают сеть квадратов со сторонами 20 м. Согласно схеме нумеруют вершины квадратов и из журнала технического нивелирования выписывают абсолютные отметки вершин квадратов, округляют их до сотых долей метра.

2. Методом интерполирования проводят горизонтали с высотой сечения через 0,25 м. Интерполирование выполняют графическим или аналитическим способом.

3. Оформляют топографический план участка местности.

После того как на плане проведены горизонтали и выполнена их укладка, приступают к оформлению плана в туши.

Сетку квадратов вычерчивают синей тушью (или гелевой ручкой), толщина линий 0,1 мм, номера вершин квадратов и их отметки записывают черной тушью, высота цифр 3мм; горизонтали вычерчивают коричневой тушью, толщина горизонталей 0,1 мм. Горизонтали, кратные одному метру, вычерчивают утолщенными (0,3 мм). Утолщенные горизонтали подписывают в разрывах, вниз по скату.

Образец оформления плана приведен в приложении 7.

5.5.4. Проектирование горизонтальной площадки с соблюдением баланса земляных работ

Порядок решения задач следующий:

1. Вычисляют проектную (красную) отметку для горизонтальной площадки по формуле:

$$H^{пр} = H_0 + \frac{\sum h'_1 + 2\sum h'_2 + 3\sum h'_3 + 4\sum h'_4}{4 \cdot n}, \quad (2.1)$$

где H_0 – наименьшая из абсолютных отметок вершин квадратов, округленная до меньшего метра;

$\sum h'_1$ – сумма условных отметок вершин, принадлежащих одному квадрату;

$\sum h'_2$ – сумма условных отметок вершин, общих для двух смежных квадратов;

$\sum h'_3$ – сумма условных отметок вершин, общих для трех смежных квадратов;

$\sum h'_4$ – сумма условных отметок вершин, общих для четырех смежных квадратов;

h'_i – условные отметки вершин.

$$h'_i = H_i - H_0, \quad (2.2)$$

где H – абсолютная отметка земли i - й вершины квадрата;
 n – число квадратов.

2. Вычерчивают схему квадратов, на которую выписывают отметки земли и условные отметки вершин квадратов (приложение 8).

3. Составляют картограмму земляных работ (приложение 9) на которой показывают отметки вершин квадратов и рабочие отметки $h_{\text{раб}}$ соответствующих вершин квадратов.

4. Рабочие отметки в вершинах квадратов вычисляют по формуле:

$$h_{\text{раб}} = H^{\text{пр}} - H_i. \quad (2.3)$$

5. Определяют положение точек нулевых работ. Точки нулевых работ будут на трех сторонах квадратов, вершины которых имеют рабочие отметки с противоположными знаками. Положение точек нулевых работ на сторонах квадратов определяется величиной отрезка X , вычисляемого по формуле:

$$X = \frac{a \cdot |h_1|}{|h_1| + |h_2|}, \quad (2.4)$$

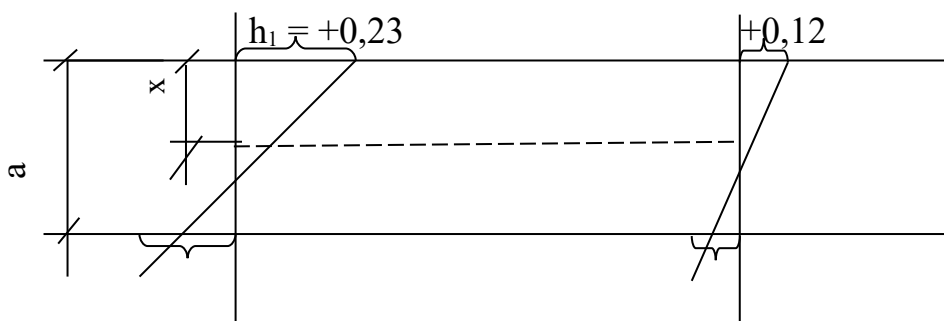
где X – расстояние по стороне квадрата от вершины до искомой точки нулевых работ;

a – длина стороны квадрата в метрах;

$|h_1|$, $|h_2|$ – абсолютные значения рабочих отметок двух соседних вершин.

Положение точек нулевых работ можно также определить графическим способом. Для этого значения рабочих отметок соседних вершин квадратов откладывают на перпендикулярах к сторонам квадратов в произвольном масштабе, причем отрицательные отметки откладывают вниз или влево, а положительные - вверх или вправо.

Прямая, соединяющая полученные точки, пересечет сторону квадратов в точке нулевых работ (рисунок 5.1)



0

0

 $h_2 = -0,17$

-0,09

Рисунок 5.1 – Графическое определение положения точек нулевых работ на картограмме

При этом положение точек нулевых работ получают с точностью масштаба плана.

6. Проводят линию нулевых работ (линию пересечения проектной плоскости с топографической поверхностью участка). Для этого пунктирной линией соединяют все смежные точки нулевых работ.

7. Картограмму земляных работ оформляют тушью. Синей тушью вычерчивают сетку квадратов и линию нулевых работ. Красной тушью показывают проектную и рабочие отметки. Все остальные надписи выполняют черной тушью. Участок выемок заштриховывают черной тушью (приложение 9).

8. Вычисляют объем земляных работ отдельно для выемок и насыпей. Результаты вычислений записывают в ведомость (приложение 10).

Вычисление объема земляной массы, основанием которой служит квадрат, производят по формуле:

$$V = a^2 \frac{\sum h_i}{n}, \quad (2.5)$$

где a – длина стороны квадрата;

$i = 1, 2, 3, 4$ – вершины квадрата;

$\sum h_i$ – сумма рабочих отметок в вершинах данного квадрата.

Если основанием земляной массы служит трапеция, то объем ее вычисляют по формуле:

$$V = S \cdot \frac{\sum h_i}{4}, \quad (2.6)$$

где S – площадь трапеции;

$i = 1, 2, 3, 4$ – вершины трапеции.

В случае, когда основанием служит треугольник:

$$V = S \cdot \frac{\sum h_i}{3}, \quad (2.7)$$

где S – площадь треугольника;

$i = 1, 2, 3$ – вершины треугольника.

Образцы оформления картограммы земляных работ и ведомости вычисления объемов земляных работ приведены в приложениях 9, 10.

Варианты выполнения практического занятия даны в приложении 11.

5.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет по практическому занятию оформляется на листах формата А4. Графическая часть – топографический план участка в горизонталях и картограмма земляных работ на ватмане формата А4 в масштабе 1:500. Отчет должен содержать цель работы, схему нивелирования по квадратам, обработанный журнал технического нивелирования поверхности по квадратам, топографический план участка местности, картограмму земляных работ, ведомость вычисления объемов земляных работ.

5.7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

1. С какими целями проводится нивелирование поверхности и в каких случаях при этом применяют способ квадратов?
2. Как составляется топографический план участка по результатам нивелирования по квадратам?
3. Как вычисляется проектная отметка при проектировании горизонтальной площадки при нивелировании по квадратам?
4. Как определяются точки нулевых работ и как производят построение картограммы земляных работ?

5. Как определяют объемы земляных работ и их баланс при проектировании горизонтальной площадки?

Защита лабораторной работы проводится в виде собеседования.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

Геодезические разбивочные работы (1,5 часа)

6.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ

Тема (6): Топографические съемки.

Цель: помочь в изучении и закреплении знаний по теме «Геодезические разбивочные работы», для чего каждый студент должен индивидуально произвести вычислительную обработку результатов геодезических измерений, приобрести навыки в решении обратной геодезической задачи и подготовить необходимые разбивочные данные для переноса проекта застройки в натуру.

Формируемые компетенции: ПК-4 – осуществлять привязку своих наблюдений на местности, составлять схемы, карты, планы, разрезы геологического содержания.

Содержание работы следующее:

1. Произвести расчет разбивочных элементов, т.е. решить обратную геодезическую задачу и найти: дирекционные углы α_{1-A} , α_{1-B} , α_{2-B} ; горизонтальные проложения d_{1-A} , d_{1-B} , d_{2-B} ; полярные углы β_1 , β_2 , β_3 .
2. Составить разбивочный чертеж здания прямоугольной формы с габаритными размерами 20x30 м.
3. Составить план теодолитной съемки для точек 1 и 2 в масштабе М 1:1000.

4. Используя разбивочный чертеж, расчетные данные и план теодолитной съемки произвести вынос в натуру четырех углов здания А, В, С и D.

6.2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Процесс перенесения проектов планировки и застройки в натуру называется геодезическими разбивочными работами. При этом выносят и закрепляют поворотные точки красной линии, линию застройки или габариты и оси отдельных зданий и сооружений. Геодезические разбивочные работы состоят из совокупности геодезических операций – элементов геодезических разбивочных работ. Элементами геодезических разбивочных работ являются геодезические построения в натуре заданных проектом углов, линий и высот.

Расчет элементов геодезических разбивочных работ при вынесении осей инженерного сооружения в натуру основан на решении обратной геодезической задачи. Сущность решения обратной геодезической задачи заключается в определении горизонтального проложения линии и ее ориентирного (дирекционного) угла по известным прямоугольным координатам точек начала и конца этой линии.

6.3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

1. Транспортир, линейка, карандаш, цветная тушь или цветные гелевые ручки, инженерный калькулятор.
2. Бумага формата А4, ватман формат А4 (1 шт.).

6.4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Выполнение данной работы носит расчетно-графический характер и не требует соблюдения особых требований по технике безопасности

6.5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исходными данными для выполнения работы являются: координаты точек теодолитного хода 1 (X_1, Y_1) и 2 (X_2, Y_2), координаты углов сооружения А (X_A, Y_A) и В (X_B, Y_B), дирекционный угол α_{1-2} (см. приложение 13) и схема перенесения в натуру габаритов сооружения полярным способом (см. рисунок 7.1). Порядок выполнения работы следующий:

6.5.1. Расчет разбивочных элементов

Чтобы вынести на местность две точки здания (например А и В), необходимо знать полярные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и проложения $d_{1-A}, d_{1-B}, d_{2-B}$ от этих точек до опорных геодезических станций (рис. 3.1).

Эта задача решается аналитически. Углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ можно определить через дирекционные углы:

$$\beta_1 = \alpha_{1-A} - \alpha_{1-2}, \quad (3.1)$$

$$\beta_2 = \alpha_{1-B} - \alpha_{1-2}, \quad (3.2)$$

$$\beta_3 = \alpha_{2-B} - \alpha_{2-1}. \quad (3.3)$$

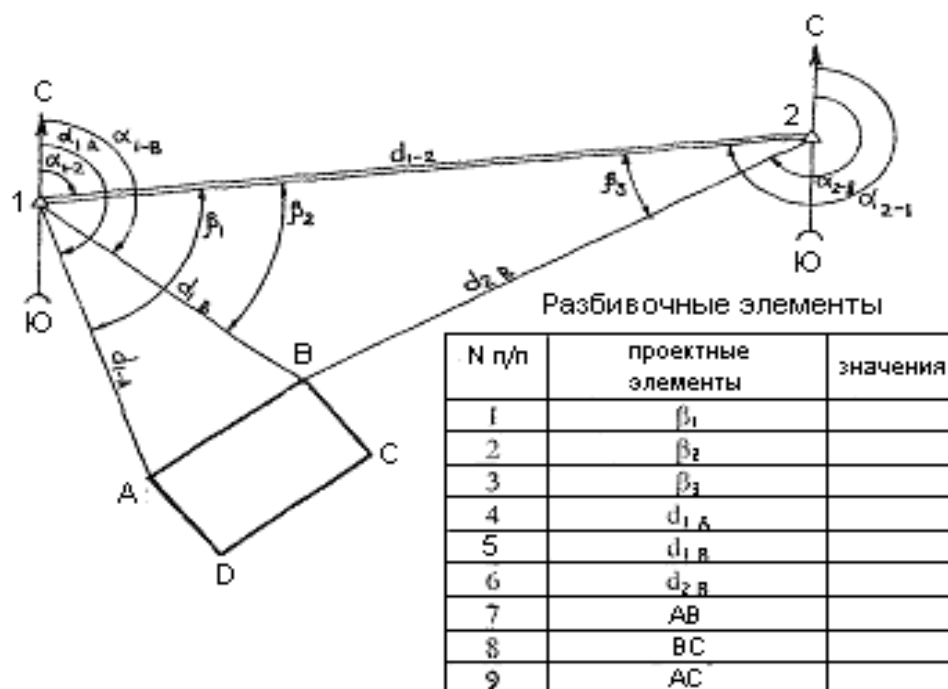


Рисунок 3.1 – Разбивочный чертеж с таблицей разбивочных элементов

В формулах (3.1), (3.2) и (3.3) известен только дирекционный угол линии 1-2 - α_{1-2} .

Чтобы найти дирекционные углы α_{1-A} , α_{1-B} , α_{2-B} , необходимо решить три обратных геодезических задачи. Решение сведём в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Расчет разбивочных элементов

№ п\п	Формулы и обозначения	Результаты вычислений для линий		
		1 – А	1 – В	2 – В
1	2	3	4	5
Для линии n – m				
1	Y_m	Y_A	Y_B	Y_B
2	Y_n	Y_1	Y_1	Y_2
3	$\Delta Y = Y_m - Y_n$			
4	X_m	X_A	X_B	X_B
5	X_n	X_1	X_1	X_2
6	$\Delta X = X_m - X_n$			

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
7	$\text{tg } r = \Delta Y / \Delta X$			
8	r			
9	α			
10	$\sin r$			
11	$\cos r$			
12	$d_{(n-m)1} = \Delta Y / \sin r$			
13	$d_{(n-m)2} = \Delta X / \cos r$			
14	$d_{(n-m)cp} = (d_{(n-m)1} + d_{(n-m)2}) / 2$			

Примечания: Заполняя таблицу, восьмым действием находят румб r , а по знакам приращений координат ΔY и ΔX (действия 3 и 6) устанавливают

четверть, в которой он находится и находят дирекционный угол (таблица 6.2)

Таблица 6.2 – Формулы связи дирекционных углов и румбов

Четверть	Название румба	Пределы значений дирекционных углов	Формула вычисления дирекционного угла	Знаки приращения координат	
				ΔX	ΔY
I	СВ	$0^0 - 90^0$	$\alpha = r$	+	+
II	ЮВ	$90^0 - 180^0$	$\alpha = 180^0 - r$	–	+
III	ЮЗ	$180^0 - 270^0$	$\alpha = 180^0 + r$	–	–
IV	СЗ	$270^0 - 360^0$	$\alpha = 360^0 - r$	+	–

При вычислении следует помнить, что дирекционные углы не могут иметь отрицательные значения и быть более 360^0 . Поэтому к значению дирекционного угла, если оно получилось отрицательным, прибавляют 360^0 , а если оно больше 360^0 , то вычитают 360^0 .

Зная дирекционные углы α_{1-A} , α_{1-B} , α_{2-B} , находят углы β_1 , β_2 , β_3 по формулам (3.1 – 3.3).

Таким образом, данные для переноса проекта в натуру рассчитаны.

6.5.2. Составление разбивочного чертежа

Разбивочным чертежом называют чертеж, на котором изображена схема расположения проектного здания относительно точек геодезической сети (теодолитного хода) и приводятся все необходимые данные (углы, длины линий и др.) для перенесения проекта в натуру.

На рис. 6.1 приведен образец разбивочного чертежа.

Для того, чтобы обозначить на местности четыре угла здания - А,В,С,Д достаточно сначала закрепить два угла А и В от точек теодолитного хода, остальные два угла С и Д закрепляют от вынесенных в натуру углов А и В.

Составление рабочего чертежа с использованием рассчитанных разбивочных элементов ведут следующим образом. На листе чертежной бумаги формата А4 вычерчивают схему, затем подписывают номера точек, дирекционные углы α_i , горизонтальные проложения d_i и углы β_i , приводят таблицу разбивочных элементов.

6.5.3. Составление плана теодолитной съёмки

План теодолитной съёмки составляют на листе чертежной бумаги формата А4 в масштабе 1 : 1000. Строят координатную сетку. Правильность построения контролируют путем измерения диагоналей квадратов. Допустимая погрешность $\pm 0,2$ мм. Сетку подписывают с таким расчетом, чтобы полигон расположился внутри её. Линии сетки подписывают координатами, кратными 100 м.

Производят построение вершин теодолитного хода 1 и 2, откладывая координаты X_1 , Y_1 и X_2 , Y_2 . Правильность построения контролируют измерением дирекционного угла α_{1-2} . На местности положение точки А находят следующим образом: устанавливают теодолит в точке 1, переводят его в рабочее положение (выполнив поверки и подготовив зрительную трубу к наблюдению), совмещают ноль лимба и ноль алидады и при открепленном лимбе визируют на точку 2. Открепляют винт алидады и, используя данные разбивочного чертежа, вращением теодолита при «круге право» устанавливают на верньере отсчет, равный углу β_1 . Затем в направлении оси визирования трубы откладывают мерной лентой (или рулеткой) горизонтальное проложение линии 1-А. На расстоянии d_{1-A} от точки 1 забивают колышек – закрепляют точку А. Для контроля горизонтальный угол β_1 и проложение d_{1-A} откладывают при «круге лево» и закрепляют точку А.

Если точки, закрепленные при «КП» и «КЛ» не совпадают, то за окончательное положение точки А принимают среднее. Аналогичным образом выносят в натуру точку В. Положение точки В, после ее вынесения в натуру, контролируется путем измерения угла β_3 в точке 2, величина которого должна быть равна расчетному значению.

Для нахождения точки D теодолит переносят на точку А, откладывают от линии АВ угол 90^0 . В направлении оси визирования откладывают ширину здания по проекту и закрепляют точку D. Для выноса в натуру точки С теодолит устанавливают в точку В, откладывают на лимбе от линии ВА угол в 270^0 и закрепляют точку С. Правильность выноса в натуру размеров здания контролируют промером на местности длины диагонали АС, которая должна быть равна расчетной:

$$(AC)_{\text{расч}} = (AB)^2 + (BC)^2 . \quad (3.4)$$

Расхождение между измеренной длиной диагонали и расчетной должна быть не более $1/5000$, т. е.

$$((AC)_{\text{изм}} - (AC)_{\text{расч}})/(AC)_{\text{расч}} \leq 1/5000 . \quad (3.5)$$

На плане теодолитной съемки в масштабе 1:1000 производят вынос в натуру четырех углов здания А, В, С, D полярным способом. Используя транспортир обозначают все углы и расстояния и оформляют план тушью (рис. 6.2).

6.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет по практическому занятию должен содержать цель работы, расчет разбивочных элементов в табличной форме, разбивочный чертеж на чертежной бумаге формата А4, выполненный в карандаше, план теодолитной съёмки с выносом в натуру углов здания в масштабе 1:1000 выполненный на чертежной бумаге формата А4 в туши. Отчет выполняется на бумаге формата А4.

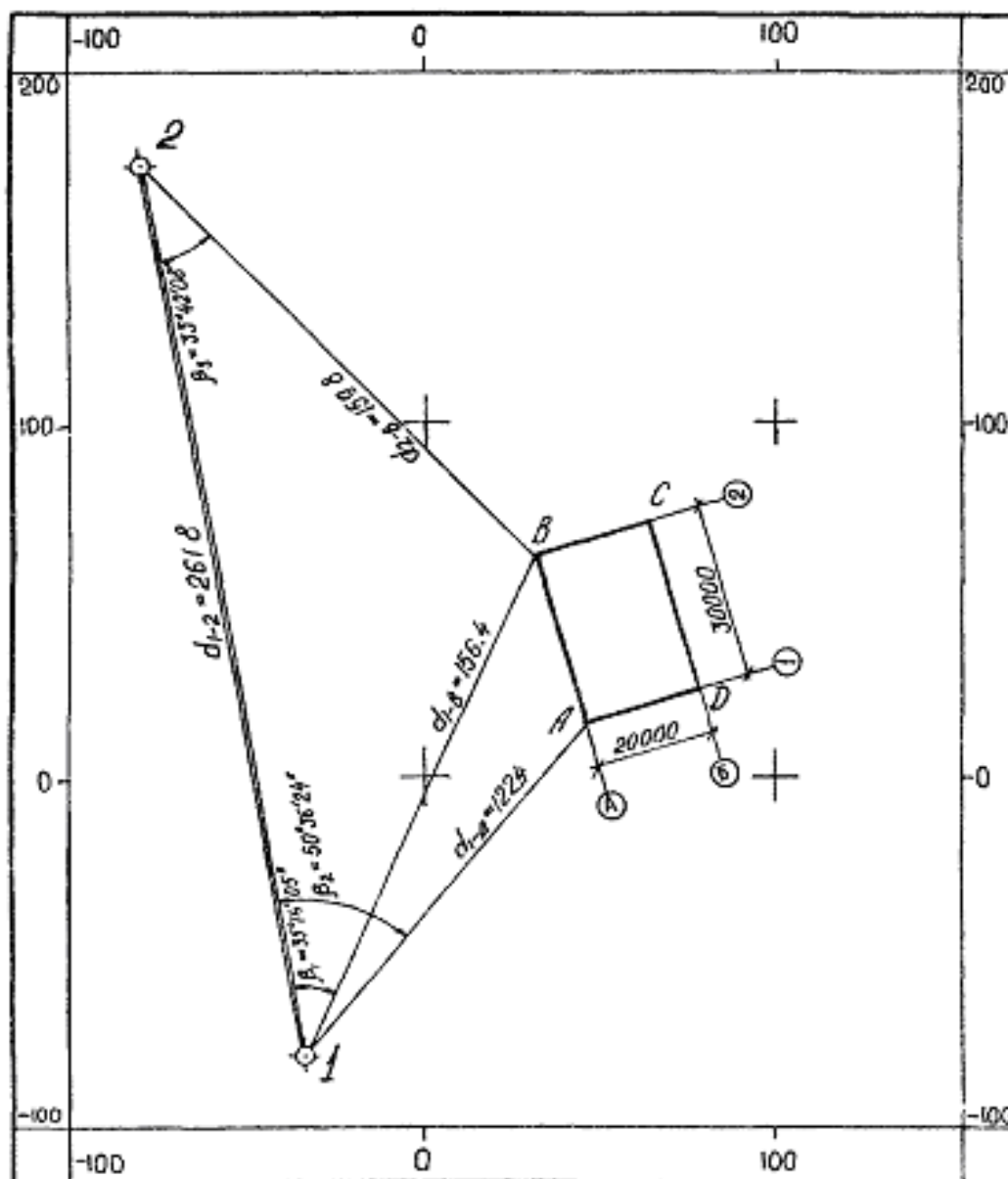


Рисунок 6.2 – План теодолитной съемки М 1:1000

6.6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. Что называют геодезическими разбивочными работами?
2. Что представляют собой элементы геодезических разбивочных работ?
3. В чем сущность и как решается обратная геодезическая задача?
4. Каким образом выносят разбивочные элементы в натуру?

Список рекомендуемой литературы

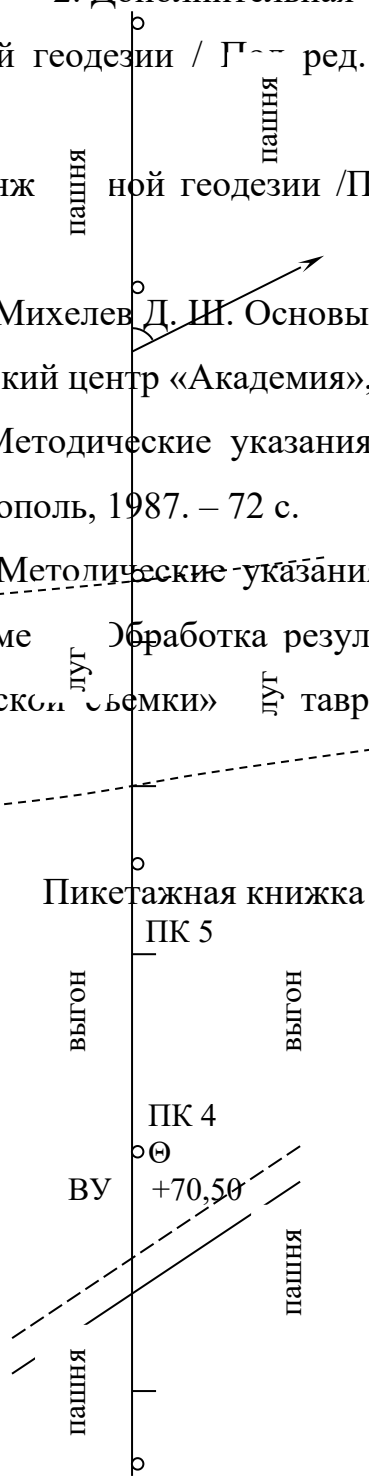
1. Основная

1. Инженерная геодезия. Учеб. для вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман; Под ред. Д. Ш. Михелева. – М.: Высш. шк., 2012. – 464 с.
2. Федотов Г. А. Инженерная геодезия: Учебник / Г. А. Федотов. – М.: Высш. шк., 2012. – 463 с.
3. Куштин И. Ф., Куштин В. И. Инженерная геодезия. Учебник. – Ростов н/Д.: ФЕНИКС, 2012. – 416 с.

2. Дополнительная

1. Курс инженерной геодезии / Под ред. В. Е. Новака. – М.: Недра, 1989. – 432 с.
2. Практикум по инженерной геодезии / Под ред. В. Е. Новака. – М.: Недра, 1987. – 336 с.
3. Фельдман В. Д., Михелев Д. Ш. Основы инженерной геодезии. – М.: Высшая школа; Издательский центр «Академия», 1999. – 300 с.
4. Елисеев А. А. Методические указания по выполнению расчетно-графических работ. Ставрополь, 1987. – 72 с.
5. Найдено В. Н. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по теме «Обработка результатов и составление плана теодолитно-тахеометрической съемки» / Ставрополь: Типография СтГТУ, 1998. – 47 с.

Приложение 1



$$\begin{aligned} \Theta &= 65^{\circ}28' \\ R &= 100 \text{ м} \\ T &= 64,28 \text{ м} \\ K &= 114,26 \text{ м} \\ D &= 14,30 \text{ м} \\ B &= 18,88 \text{ м} \end{aligned}$$

ПК 3
+70,0

+20,0
ПК 2

+68,0

Пикеты через 100 мм

ПК 1

73,0

+40,0

ПК 0

Приложение 2

Журнал технического нивелирования

№ станции	Номер точки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента ГИ, м	Абсолютные отметки Н, м
		Задний, З	Промежуточный, В _{пром}	Передний, П	Вычисленные, h ₁ , h ₂	Среднее, h _{ср}	Исправленные, h _{испр}		
1	Rp1	1335-ч 6019-кр			+0629- h ₁ +0627- h ₂	+1 +0628	+0629		149,971=HRp1
	ПК0			0706-ч 5392-кр					150,600
2	ПК0 +40 ПК1	1275 5962	2875	1119 5806	+0156 +0156	+1 +0156	+0157	151,875	150,600 149,000 150,757
3	ПК1 +68 ПК2	0845 5532	2035	2177 6860	-1332 -1328	+2 +1330	-1328	151,602	150,757 149,567 149,429
4	ПК2 +20 +70 ПК3	0320 5006	0773 2845	1876 6560	-1556 -1554	+2 -1555	-1553	149,749	149,429 148,976 146,904 147,876
5	ПК3 ПК4	1661 6344		0827 5514	+0834 +0830	+2 +0832	+0834		147,876 148,710
6	ПК4 ПК5	1935 6623		0375 5061	+1560 +1562	+2 +1561	+1563		148,710 150,273
7	ПК5 Rp2	2484 7169		1768 6449	+0716 +0720	+2 +0718	+0720		150,273 150,993=HRp2

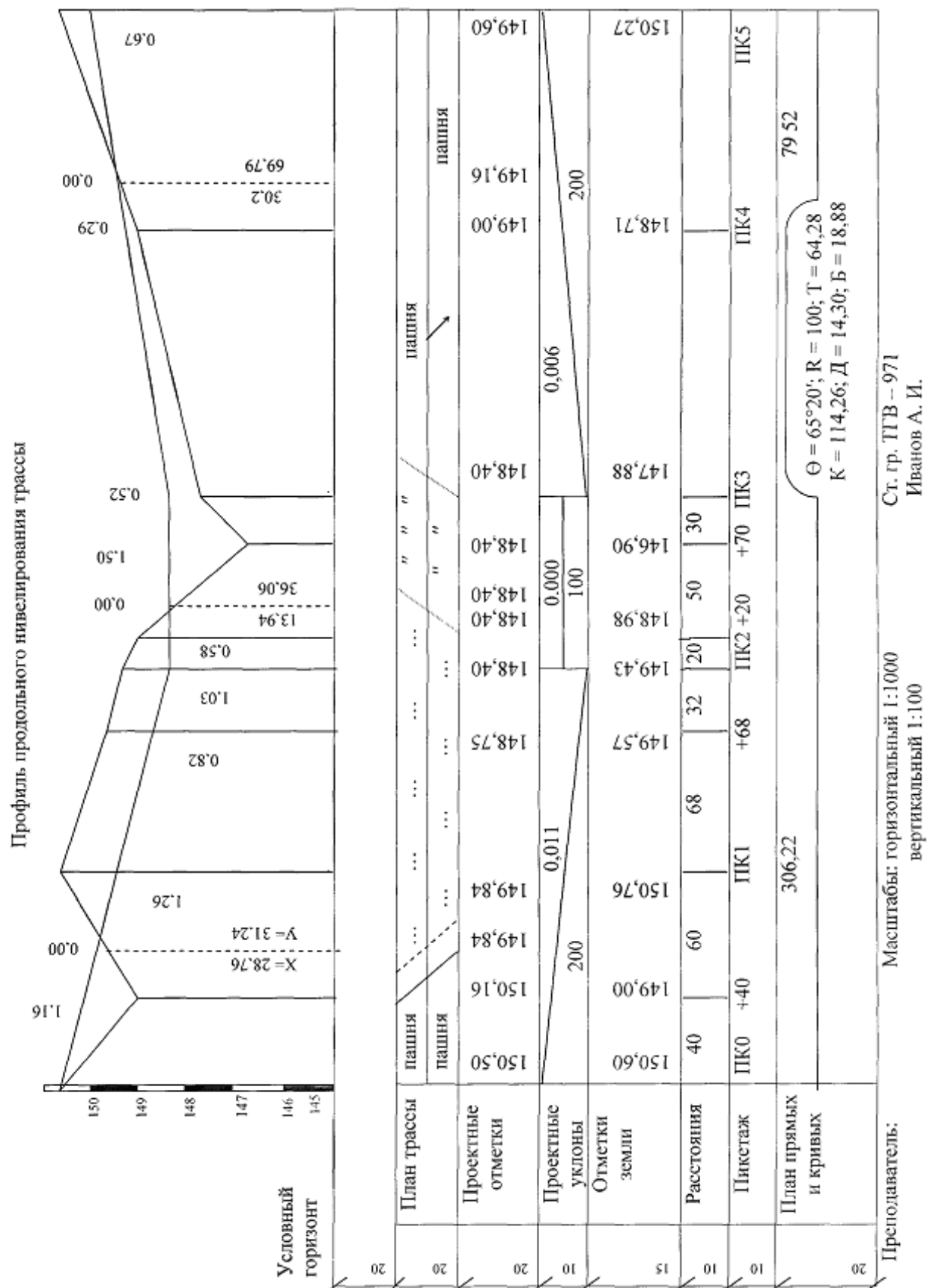
ИТОГО $\sum Z = 52510$; $\sum P = 50490$; $\sum (h_1 + h_2) = +2020$; $\sum h_{ср} = +1010$; $\sum h_{испр} = +1022$.
по ходу

Контроль по ходу: $\sum Z - \sum P = \sum (h_1 + h_2)$; $\frac{1}{2} (\sum Z - \sum P) = \sum h_{ср}$;
 $52510 - 50490 = +2020$; $2020 : 2 = +1010$

$\sum h_{теор} = H_{Rp2} - H_{Rp1} = 150,993 - 149,971 = +1,022$

$f_h = \sum h_{ср} - \sum h_{теор} = +1010 - 1022 = -12 \text{ мм}$; $f_{доп} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{7} = \pm 26,4 \text{ мм}$

Приложение 3



Приложение 4

Варианты заданий

Вариант 1

Но- мер стан- ции	Номер точки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструме нта ГИ, м	Абсолют ные отметки Н, м
		Задний, З	Промежу- точный, В пром.	Перед- ний, П	Вычисл енные, h1, h2	Средн ие, hср	Исп- равл енн ые, h испр		
1	Rp1	0985 5772							
	ПК0			1114 5899					
2	ПК0	2446 7229							
	ПК1			1460 6245					
3	ПК1 +72	1973 6761	2635						
	ПК2			1530 6316					
4	ПК2 +38	2785 7573	2370						
	ПК3			1304 6088					
5	ПК3 +70	1347 6133	2659						
	ПК4			2257 7041					
6	ПК4 +45	2332 7116	1518						
	ПК5			1316 6098					
7	ПК5	1946 6733							
	Rp2			2430 7215					

ИТОГО
по ходу

продолжение приложения 4

Вариант 2

Но- мер стан- ции	Номер точки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Гори- зонт инстр умент а ГИ, м	Абсолют ные отметки Н, м
		Задни й, З	Проме- жуточ- ный, В пром	Перед- ний, П	Вычисл енные, h1, h2	Средн ие, h ср	Исправл енные, hиспр		
1	Rp1	2734 7519		0692 5475					
	ПК0								
2	ПК0 +45	0853 5634	0693	2283 7068					
	ПК1								
3	ПК1 +30	1684 6466	0528	1958 6740					
	ПК2								
4	ПК2 +35 +60	1945 6729	0932 1058	1617 6400					
	ПК3								
5	ПК3 +27 +82	2558 7341	2287 1514	0731 5516					
	ПК4								
6	ПК4	0981 5765		2049 6831					
	ПК5								
7	ПК5	2262 7048		1345 6129					
	Rp2								

ИТОГО

по ходу

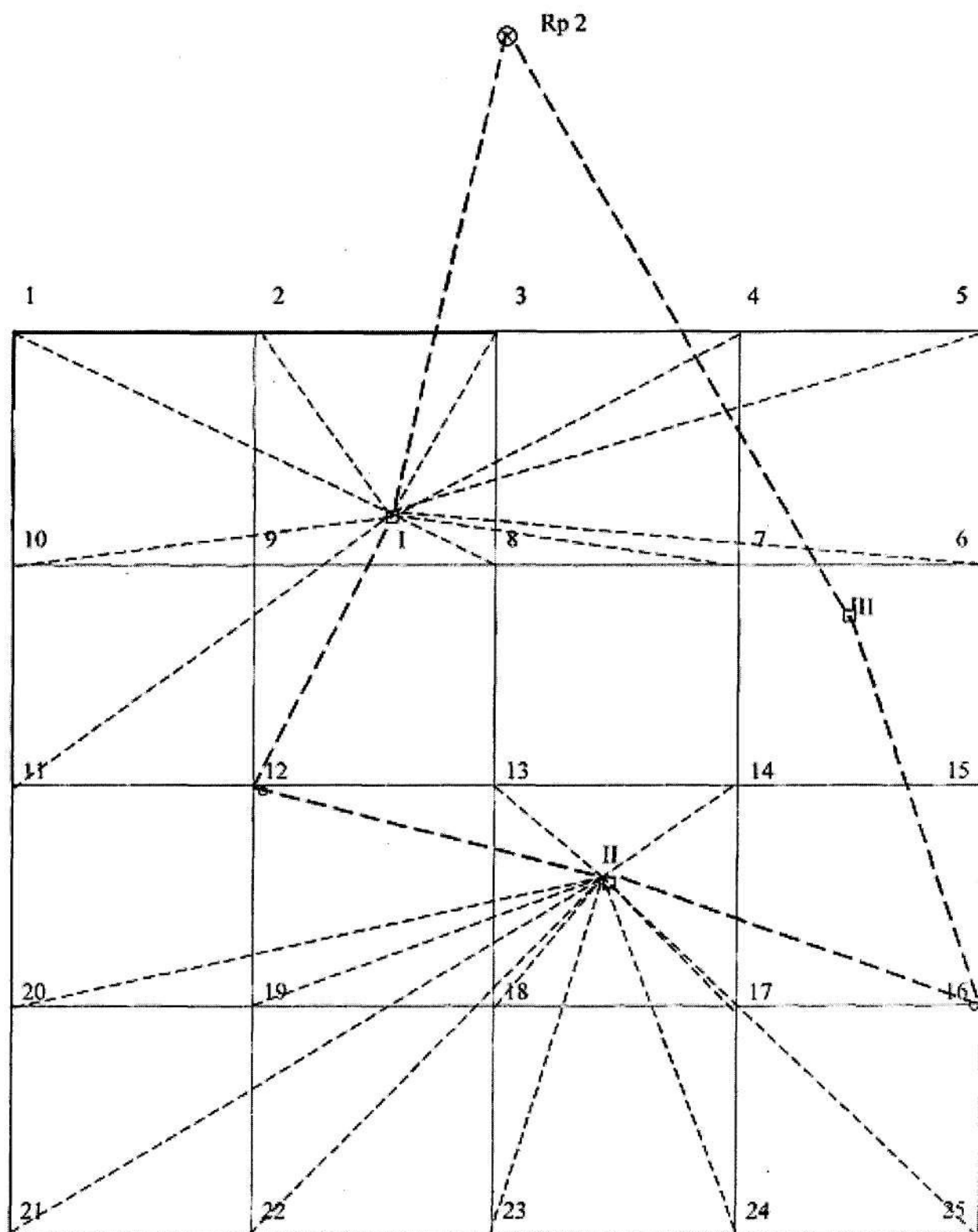
продолжение приложения 4

Вариант 3

Но- мер стан- ции	Номер точки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Гори- зонт инстр умент а ГИ, м	Абсолютны е отметки Н, м
		Задний, З	Проме- жуточ- ный, В пром.	Перед- ний, П	Вычисл енные, h1, h2	Средн ие, h _{ср}	Исправле нные, h _{испр}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rp1	0260 5041		0889 5672					
	ПК0								
2	ПК0	1402 6184		0832 5612					
	ПК1								
3	ПК1	1279 6059		0838 5620					
	ПК2								
4	ПК2 +52 +74	2060 6842	1631 2475	1506 6290					
	ПК3								
5	ПК3 +82	2801 7585	0624	0677 5459					
	ПК4								
6	ПК4 +20	1712 6494	0796	1102 5884					
	ПК5								
7	ПК5	1305 6091		0954 5740					
	Rp2								

ИТОГО
по ходу

Схема нивелирования поверхности по квадратам



Приложение 6

Журнал технического нивелирования площади по квадратам

№ стан-ции	№ точ-ки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт а инструмент а ГИ, м	Абсолютны е отметки Н, м
		Задний, З	Проме- жут, В	Передни й, П	Вычисленные, h1, h2	Средние, hср	Исправленны е, hиспр		
1	Rp2	1515 6200 4685						114,471	112,956
	1		2212						112,259
	2		1897						112,574
	3		1765		-0174	+2			112,706
	4		1930		-0176	-0175	-0173		112,541
	5		2277						112,394
	6		2213						112,258
	7		2102						112,369
	8		1779						112,692
	9		1294	1689					113,177
	10		1827	6376					112,644
	11		1756	4687					112,715
	12								112,783
2	12	0447 5129 4682						113,230	112,783
			0891						112,339
	13		1154						112,076
	14		1288		-1536	+2			111,942
	15		1747		-1540	-1538	-1536		111,483
	17		1323						111,907
	18		0921						112,309
	19		0764						112,466
	20		1195						112,035
	21		1442						111,788
	22		1956	1983					111,274
	23		2373	6669					110,857
	24		2715	4686					110,515
	25								111,247
	16								
3	16	2411 7097			1706 1708	+2 1707	1709		111,247
	Rp2	4686		0705 5389 4684					112,956

ИТОГО

22799

22811

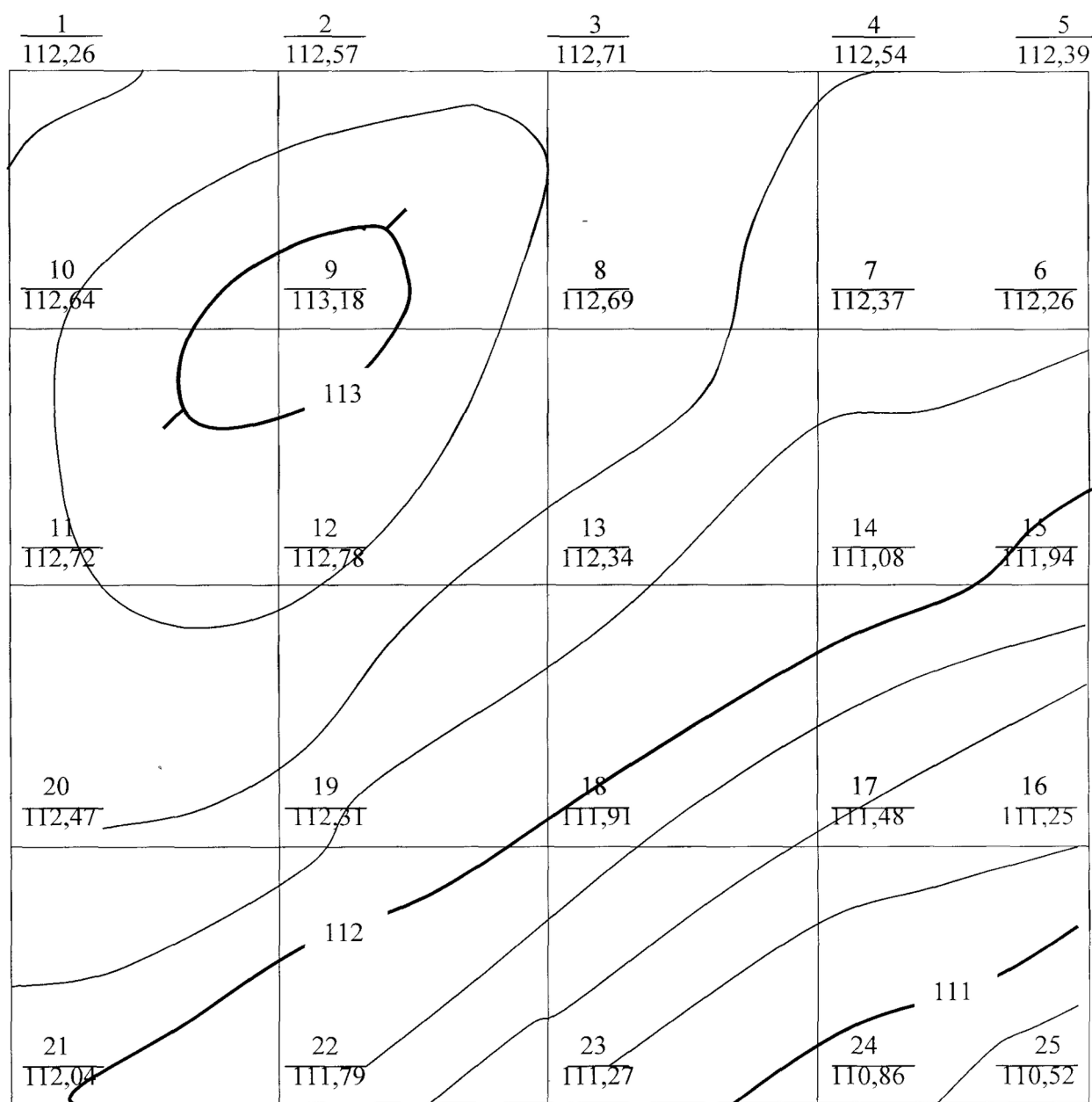
12

6

по ходу

Для замкнутого хода $f_h = \sum h_{ср}$; $\sum h_{теор} = 0$. $f_h = -6 \text{ мм}$; $f_{h\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{3} = \pm 17 \text{ мм}$.

План поверхности по квадратам



1:500

Высота сечения рельефа 0,25 м

Приложение 8

Схема квадратов с условными отметками вершин

112,26	112,57	112,71	112,54	112,39
2,26	2,57	2,71	2,54	2,39
112,64	113,18	112,69	112,37	112,26
2,64	3,18	2,69	2,37	2,26
112,72	112,78	112,34	112,08	111,94
2,72	2,78	2,34	2,08	1,94
112,47	112,31	111,91	111,42	111,25
2,47	2,31	1,91	1,42	1,25
112,04	111,79	111,27	110,86	110,52
2,04	1,79	1,27	0,86	0,52

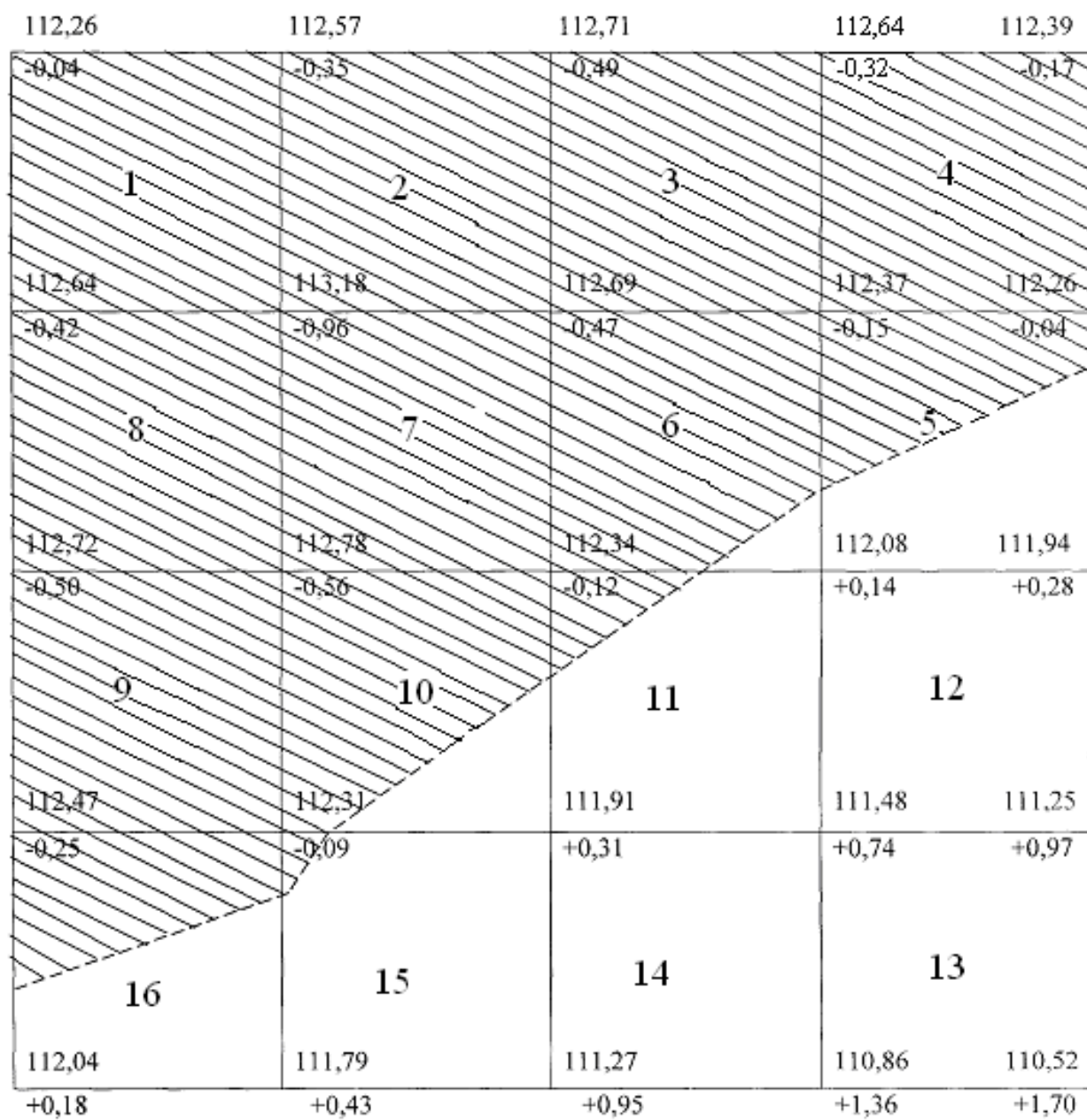
$$H^{np} = 110,00 + +$$

$$+ \frac{2,26 + 2,39 + 0,52 + 2,04}{4 \cdot 16} + \frac{2(2,57 + 2,71 + 2,54 + 2,26 + 1,94 + 1,25 + \dots + 2,72 + 2,64)}{4 \cdot 16} +$$

$$+ \frac{4(3,18 + 2,69 + 2,37 + 2,08 + 1,42 + 1,91 + 2,31 + 2,78)}{4 \cdot 16} = 110,00 + 2,22 = 112,22 \text{ м}$$

Картограмма земляных работ

$$H^{\text{пр}} = 112,22 \text{ м}$$



1:500

Приложение 10

Номер квадратов	Площадь		Средняя отметка		Объем работ	
	выемки	насыпи	—	+	выемки	насыпи
1	400		0,44		176	
2	400		0,57		228	
3	400		0,36		144	
4	400		0,17		68	
5	170	230	0,05	0,08	8,5	18,4
6	388	12	0,15	0,01	58,2	0,1
7	400		0,53		212	
8	400		0,61		244	
9	400		0,25		100	
10	280	120	0,15	0,10	42	12
11	40	360	0,03	0,27	1,2	97,2
12		400		0,51		204
13		400		1,19		476
14		400		0,84		336
15	12	388	0,02	0,34	0,2	132
16	72	228	0,08	0,15	5,8	34,2

Ведомость вычисления объемов земляных работ

ИТОГО: 1287,9 1309,9

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_{\text{в}} - V_{\text{н}}}{V_{\text{в}} + V_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{100 \cdot 22}{2597,8} = 0,85\% < 3\%$$

Приложение 11

Варианты заданий

Вариант 1

Но- мер стан- ции	Но- мер точ- ки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Гори- зонт инстр умент а ГИ, м	Абсолютн ые отметки Н, м
		Задний, З	Проме- жуточ- ный, В пром.	Перед- ний, П	Вычисл енные, h1, h2	Средн ие, hcp	Исправле нные, hиспр		
1	Rp2	2687 7472							
	1		2131						
	2		1702						
	3		1400						
	4		1275						
	5		1367						
	6		1271						
	7		0827						
	8		0885						
	9		1405						
	10		1891	0421					
	11		1652	5208					
	12		1026						
	13								
2	13	0745 5529							
	14		1264						
	15		1795						
	17		1547						
	18		1117						
	19		1285						
	20		1838						
	21		2044						
	22		1615	2043					
	23		1581	6829					
	24		1956						
	25		2462						
	16								
3	16	1036 5820		2005					
	Rp2			6789					

продолжение приложения 11

Вариант 2

Но- мер стан- ции	Но- мер точ- ки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Гори- зонт инстру- мента ГИ, м	Абсолют ные отметки, Н, м
		Задний, З	Проме- жуточ- ный, В пром.	Перед- ний, П	Вычисл енные, h1, h2	Средн ие,.. hср	Исправле нные, hиспр		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rp2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	0718 5502	0985 1533 1911 2117 2322 2548 2321 2083 1796 1264	1424 6208					
2	11 12 13 14 15 16 18 19 20 21 22 23 24 25 17	1129 5912	1563 1989 2254 2403 2267 2190 1724 1291 1722 1954 2330 2307 1972	2809 7596					
3	17 Rp2	2817 7601		0424 5206					

продолжение приложения 11

Вариант 3

Но- мер стан- ции	Но- мер точ- ки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Гори- зонт инстр- умент а ГИ, м	Абсолют- ные отметки, Н, м
		Задний, З	Промежу- точный, В пром.	Перед- ний П	Вычисл- енные, h1, h2	Средн- ие, hср	Исправле- нные, hиспр		
1	Rp2	0403 5088							
	1		1541						
	2		1665						
	3		1511						
	4		1556						
	5		1448						
	6		1802						
	7		1976						
	8		2122	2741					
	9		2248	7424					
	10		2197						
	11		2783						
	12								
2	12	2094 6778							
	13		2032						
	14		1784						
	16		1410						
	17		1805						
	18		2183						
	19		2542						
	20		2658						
	21		2939						
	22		2443						
	23		2114						
	24		1719						
	25		1390						
	15								
				1398 6082					
3	15	2318 7004							
	Rp2			0673 5361					

Приложение 12

Варианты заданий

№ варианта	Координаты точки 1, м		Координаты точки 2, м		Координаты точки А, м		Координаты точки В, м		Дирекционный угол α_{1-2}
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X _A	Y _A	X _B	Y _B	
1	150,0	-70,0	180,0	50,0	120,0	-40,0	120,0	-10,0	75°57'48//
2	150,0	-70,0	180,0	50,0	140,0	-10,0	140,0	20,0	75°57'48//
3	150,0	-70,0	180,0	50,0	110,0	10,0	110,0	40,0	75°57'48//
4	150,0	-70,0	180,0	50,0	80,0	-20,0	80,0	10,0	75°57'48//
5	150,0	-70,0	180,0	50,0	50,0	-50,0	50,0	-20,0	75°57'48//
6	80,0	60,0	150,0	120,0	80,0	110,0	110,0	110,0	40°36'06//
7	80,0	60,0	150,0	120,0	90,0	130,0	120,0	130,0	40°36'06//
8	80,0	60,0	150,0	120,0	60,0	120,0	90,0	120,0	40°36'06//
9	80,0	60,0	150,0	120,0	80,0	120,0	80,0	150,0	40°36'06//
10	80,0	60,0	150,0	120,0	90,0	140,0	90,0	170,0	40°36'06//
11	60,0	180,0	160,0	210,0	70,0	210,0	100,0	210,0	16°42'00//
12	60,0	180,0	160,0	210,0	80,0	220,0	110,0	220,0	16°42'00//
13	60,0	180,0	160,0	210,0	90,0	230,0	120,0	230,0	16°42'00//
14	60,0	180,0	160,0	210,0	100,0	240,0	130,0	240,0	16°42'00//
15	60,0	180,0	160,0	210,0	110,0	250,0	140,0	250,0	16°42'00//
16	-40,0	-40,0	60,0	70,0	-70,0	30,0	-70,0	60,0	47°43'36//
17	-40,0	-40,0	60,0	70,0	-90,0	60,0	-90,0	90,0	47°43'36//
18	-40,0	-40,0	60,0	70,0	-50,0	70,0	-20,0	70,0	47°43'36//
19	-40,0	-40,0	60,0	70,0	-60,0	80,0	-30,0	80,0	47°43'36//
20	-40,0	-40,0	60,0	70,0	-40,0	50,0	-10,0	50,0	47°43'36//
21	-30,0	50,0	-10,0	150,0	-60,0	70,0	-60,0	100,0	78°41'24//
22	-30,0	50,0	-10,0	150,0	-60,0	110,0	-60,0	140,0	78°41'24//
23	-30,0	50,0	-10,0	150,0	-50,0	120,0	-50,0	150,0	78°41'24//
24	-30,0	50,0	-10,0	150,0	-90,0	140,0	-90,0	170,0	78°41'24//
25	-30,0	50,0	-10,0	150,0	-80,0	80,0	-80,0	110,0	78°41'24//
26	-50,0	190,0	60,0	210,0	-30,0	220,0	0,0	220,0	10°18'18//
27	-50,0	190,0	60,0	210,0	-50,0	230,0	-20,0	230,0	10°18'18//
28	-50,0	190,0	60,0	210,0	-60,0	240,0	-30,0	240,0	10°18'18//
29	-50,0	190,0	60,0	210,0	-40,0	250,0	-10,0	250,0	10°18'18//
30	-50,0	190,0	60,0	210,0	-20,0	260,0	10,0	260,0	10°18'18//

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

Специальность
Специализация

21.05.02 Прикладная геология
Геология месторождений нефти и газа

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 21.05.02
Прикладная геология

Цель методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин образовательной программы (далее ОП).

2. Создания в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, ее назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО
2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов
3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

1.1. Требования к условиям реализации ОП:

- требования к обязательному минимуму содержания образовательной программы подготовки бакалавра, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим ФГОС ВО;

- в программу бакалавриата входит «Дисциплины (модули)», который включает дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы и дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы бакалавриата, являются обязательными для освоения обучающимся вне зависимости от направленности (профиля) программы бакалавриата, которую он осваивает. Набор дисциплин (модулей), относящихся к обязательной части программы бакалавриата, вуз определяет самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. Дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений определяют направленность (профиль) программы бакалавриата. Набор дисциплин (модулей), относящихся к части, формируемой участниками образовательных отношений, определяет вуз самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. После выбора обучающимся направленности (профиля) программы, набор соответствующих дисциплин (модулей) становится обязательным для освоения обучающимся;

- максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем дисциплинам и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане,
- в рабочих программах учебных дисциплин с распределением по разделам или конкретным темам.

2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:



3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.
4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.
8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет-конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;

- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Содержание внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов

Методические указания для студентов по выполнению самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекциям;
2. Подготовка к практическим занятиям;
- 3 Самостоятельное изучение учебной литературы.

Список рекомендуемой литературы

1. Основная

1. Инженерная геодезия. Учеб. для вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман; Под ред. Д. Ш. Михелева. – М.: Высш. шк., 2012. – 464 с.
2. Федотов Г. А. Инженерная геодезия: Учебник / Г. А. Федотов. – М.: Высш. шк., 2012. – 463 с.
4. Куштин И. Ф., Куштин В. И. Инженерная геодезия. Учебник. – Ростов н/Д.: ФЕНИКС, 2012. – 416 с.

2. Дополнительная

1. Курс инженерной геодезии / Под ред. В. Е. Новака.– М.: Недра, 1989.– 432с.

5. Практикум по инженерной геодезии /Под ред. В. Е. Новака. – М.: Недра, 1987. – 336 с.
6. Фельдман В. Д., Михелев Д. Ш. Основы инженерной геодезии. – М.: Высшая школа; Издательский центр «Академия», 1999. – 300 с.
7. Елисеев А. А. Методические указания по выполнению расчетно-графических работ. Ставрополь, 1987. – 72 с.
5. Найдено В. Н. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по теме «Обработка результатов и составление плана теодолитно-тахеометрической съемки» – Ставрополь: Типография СтГТУ, 1998. – 47 с.