

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ткачева Лариса Владимировна
Должность: И.о. директора
Дата подписания: 28.01.2025 11:54:32
Уникальный программный ключ:
6193ebd093351b6251af28b8e5ef9cbb3f05df49

Приложение
к рабочей программе
учебной дисциплины

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОП 07 ГЕОДЕЗИЯ
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности**

08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Базовая подготовка среднего профессионального образования

2023

Содержание

1. Общие положения.
2. Цели проведения лабораторных и практических занятий.
3. Организация и проведение лабораторных работ (практических занятий)
4. Структура проведения лабораторной работы (практического занятия)
5. Структура методических рекомендаций для студентов
6. Семинар как одна из форм практического занятия
7. Список литературы

Содержание

Пояснительная записка.....	4
Перечень практических и лабораторных работ	7
Очная форма обучения	
Лабораторная работа № 1	
Практическое занятие №1	
Практическое занятие №2	
Лабораторная работа № 2	
Практическое занятие №3	
Заочная форма обучения	
Лабораторная работа № 1	
Практическое занятие №1	
Практическое занятие №2	
Практическое занятие №3	

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство и на основе рабочей программы дисциплины «Геодезия».

Методические рекомендации предназначены для подготовки и проведения лабораторных и практических работ для обучающихся по очной и заочной формам обучения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

уметь:

У1. производить геодезические измерения при строительстве и эксплуатации железнодорожного пути, зданий и сооружений;

У2. производить разбивку и закрепление трассы железной дороги;

У3. производить разбивку и закрепление на местности искусственных сооружений.

знать:

З1. основы геодезии;

З2. основные геодезические определения, методы и принципы выполнения топографо-геодезических работ;

З3. устройство геодезических приборов.

1.3.2 В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен сформировать следующие компетенции:

-общие:

ОК 1	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;
ОК 2.	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;
ОК 3.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;
ОК 4.	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;
ОК 5.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;
ОК 6.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;
ОК 7.	Содействовать сохранению окружающей среды,

	ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;
ОК 8.	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;
ОК 9.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках;

- профессиональные:

ПК 1.1 Выполнять различные виды геодезических съемок.

ПК 1.2 Обрабатывать материалы геодезических съемок.

ПК 1.3 Производить разбивку на местности элементов железнодорожного пути и искусственных сооружений для строительства железных дорог.

1.3.3 В результате освоения программы учебной дисциплины реализуется программа воспитания, направленная на формирование следующих личностных результатов (ЛР):

ЛР 13. Готовность обучающегося соответствовать ожиданиям работодателей: ответственный сотрудник, дисциплинированный, трудолюбивый, нацеленный на достижение поставленных задач, эффективно взаимодействующий с членами команды, сотрудничающий с другими людьми, проектно мыслящий;

ЛР 27. Проявляющий способности к непрерывному развитию в области профессиональных компетенций и междисциплинарных знаний;

ЛР 30. Осуществляющий поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения различных задач, профессионального и личностного развития.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общих компетенций, включающих в себя способность:

Рабочая программа дисциплины «Геодезия» предусматривает 8 часов практических работ и 8 часов лабораторных работ.

Целью лабораторных и практических работ является закрепление теоретических знаний и приобретение студентами профессиональных навыков по проведению геодезических работ.

Лабораторные и практические работы выполняются после изучения соответствующей темы и проверки теоретической подготовки студентов.

Лабораторные и практические работы выполняются в полном объеме.

Оборудование кабинета позволяет проводить лабораторные и практические работы.

По всем лабораторным и практическим работам составляют отчеты, которые носят обучающий характер. Отчеты по лабораторным и практическим работам составляются в соответствии с существующими требованиями. Перед проведением лабораторных и практических работ проводится инструктаж студентов по технике безопасности с последующим оформлением соответствующей документации.

Перечень практических и лабораторных работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
Очная форма обучения		
1	Лабораторная работа №1 Тема: Исследование конструкции теодолитов. Выполнение поверок и юстировок теодолита. Установка теодолита а рабочее положение, измерение углов теодолитом. Измерение расстояний нитяным дальномером.	4
2	Практическое занятие №1 Тема: Обработка ведомости вычисления координат теодолитного хода.	2
3	Практическое занятие №2 Тема: Построение плана теодолитной съемки.	2
4	Лабораторная работа №2 Тема: Исследование конструкции нивелиров и нивелирных реек. Снятие отсчетов по нивелирным рейкам. Выполнение поверок и юстировок нивелиров. Установка нивелира в рабочее положение; определение превышений.	4
5	Практическое занятие №3 Тема: Составление подробного профиля трассы.	4
Итого:		16 часов
Заочная форма обучения		
1	Лабораторная работа №1 Тема: Исследование конструкции нивелиров и нивелирных реек. Снятие отсчетов по нивелирным рейкам. Выполнение поверок и юстировок нивелиров. Установка нивелира в рабочее положение; определение превышений.	2
2	Практическое занятие №1 Обработка ведомости вычисления координат теодолитного хода.	2
3	Практическое занятие №2 Построение плана теодолитной съемки.	2
4	Практические занятия №3 Составление подробного профиля трассы.	2
Итого:		8 часов

Лабораторная работа № 1

Тема: Исследование конструкции теодолитов. Установка теодолита в рабочее положение, измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитом. Измерение расстояний нитяным дальномером.

Цель: изучить устройство теодолитов ТТ-5, 2Т30 и научиться производить отсчеты по верньерам и отсчетным микроскопам. Приобрести навыки по приведению теодолита в рабочее положение, а также в измерении углов, научиться измерять расстояния с помощью дальномера теодолита.

Оборудование и принадлежности: теодолиты ТТ-5, 2Т30, штативы, нивелирные рейки, вехи, бланки угломерных журналов.

Порядок выполнения

1. Изучить теодолит и его основные части (рис.1)

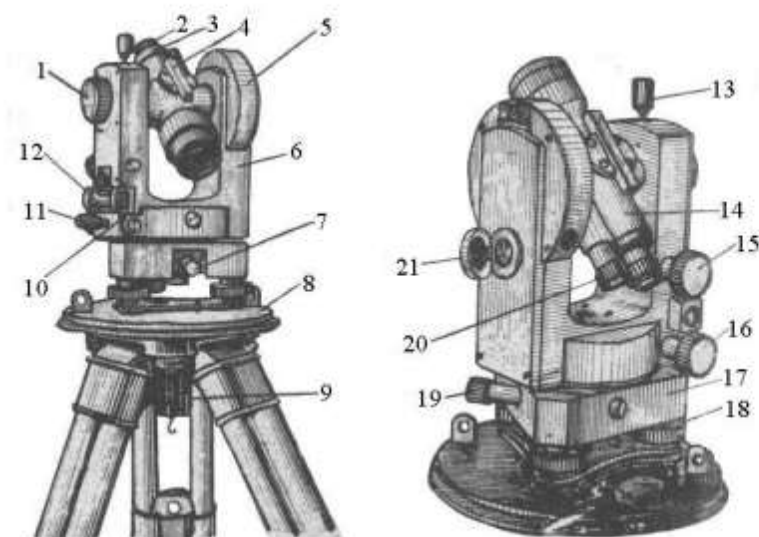


Рисунок 1 - Общий вид теодолита 2Т30

1. Кремальера. 2. Диоптрийное кольцо. 3. Колпачок, под которым расположены исправительные винты сетки нитей. 4. Оптический визир. 5. Вертикальный круг. 6. Подставка зрительной трубы. 7. Закрепительный винт лимба. 8. Основание футляра. 9. Становой винт. 10. Исправительный винт уровня. 11. Закрепительный винт алидады. 12. Цилиндрический уровень. 13. Закрепительный винт зрительной трубы. 14. Зрительная труба. 15. Наводящий винт зрительной трубы. 16. Наводящий винт алидады. 17. Подставка. 18. Подъемный винт. 19. Наводящий винт лимба. 20. Окуляр шкалового микроскопа. 21. Зеркало

Определение цены деления лимба и точности отсчитывания. Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам

У теодолита 2Т30 отсчетный микроскоп шкаловой. В верхней части поля зрения микроскопа, обозначенного буквой В (рис. 7), видны штрихи лимба вертикального круга и штрихи отсчетной шкалы, а в нижней части поля зрения, обозначенной буквой Г, видны штрихи лимба горизонтального круга и штрихи отсчетной шкалы.

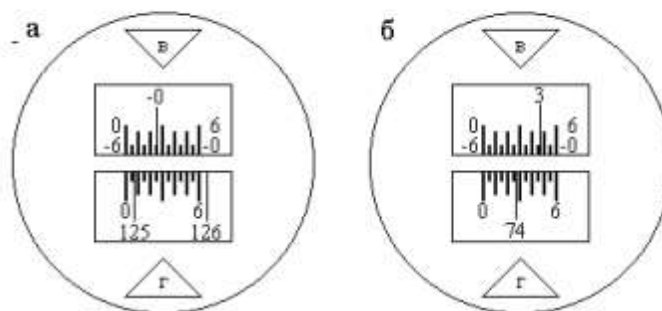


Рисунок 2 - Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т30:

- а) Отсчет по вертикальному кругу – $0^{\circ}35'$
Отсчет по горизонтальному кругу $125^{\circ}06'$
- б) Отсчет по вертикальному кругу $+3^{\circ}45,5'$
Отсчет по горизонтальному кругу $74^{\circ}27,5'$

На обоих кругах нанесены только градусные штрихи. Каждый градусный штрих подписан. Следовательно, цена деления лимбов . На алидады кругов нанесены отсчетные шкалы с ценой^осоставляет 1 . Эти шкалы выведены в поле зрения микроскопа. Начальное^оделения 5 деление шкалы горизонтального круга обозначено цифрой 0, а конечное – . Шкала вертикального круга имеет два ряда^оцифрой 6, что означает 60 цифр. В верхнем ряду начальный штрих, обозначенный цифрой 0, расположен слева, а конечный, обозначенный цифрой 6, расположен справа. В нижнем ряду оцифровка выполнена наоборот и цифры имеют знак минус. Отсчет по горизонтальному кругу производится в следующем порядке. Сначала считывается с лимба число градусов (по штриху лимба, попадающему на отчетную шкалу), затем по отсчетной шкале берется отсчет с точностью 0.1 деления, что соответствует 0.5'. Индексом для отсчитывания минут служит штрих градусного деления лимба, находящийся на отсчетной шкале. На рис. 7.3 а отсчет по горизонтальному .^о06^округу равен 125. При отсчитывании по вертикальному кругу число градусов считывается так же, как и по горизонтальному кругу. При этом градусные деления вертикального круга имеют знаки либо плюс, либо минус. Если в пределах шкалы находится штрих лимба без знака, то на шкале отсчет берется по верхнему ряду цифр (слева направо), и полный отсчет записывается со знаком плюс. По нижнему ряду цифр шкалы отсчет берется в том случае, когда в пределах шкалы

находится штрих лимба со знаком “минус”. Отсчет записывается со знаком минус.

2. Привести теодолит в рабочее положение

Центрирование теодолита ТТ-5 выполняют с помощью нитяного отвеса, укрепленного на крючке трегера теодолита. Острие отвеса совмещают с центром кола (вершиной угла) нажатием на упоры башмаков штатива ногой и небольшим перемещением трегера на головке штатива. Центрирование оптического теодолита 2Т30 производят при помощи визирования сетки нитей трубы над вершиной угла, опуская трубу вертикально объективом вниз. Отпустив становой винт, трегер теодолита перемещают на головке штатива, пока центр сетки нитей не совпадет с центром кола (вершиной угла). Горизонтирование теодолита выполняют при помощи уровня горизонтального круга. Управляя подъемными винтами, пузырек уровня устанавливают в среднее положение. Установка трубы для наблюдения. Грубое наведение трубы теодолита ТТ-5 на веку производят по механическому визиру, а отчетливое изображение достигается вращением винта фокусировки (кремальеры). В теодолите 2Т30 грубое наведение на веку производят по оптическому визиру, укрепленному на зрительной трубе, в котором отчетливо проектируется белый крест на черном фоне. Наведение вертикальной сетки нитей производят на основание вехи, что уменьшает ошибку отклонения вехи от отвесного положения при ее установке. Четкого изображения сетки нитей достигают вращением винта окулярной трубы.

3 Измерить горизонтальный угол способом полных приемов

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла, приводят его в рабочее положение, закрепляют лимб и, вращая алидаду, визируют трубу при положении вертикального круга КП сначала на правую или заднюю по ходу точку, а затем на левую или переднюю по ходу точку. Точного наведения вертикальной нити сетки на изображение вехи достигают вращением наводящего винта алидады. После визирования на каждую из точек производят отсчеты. Так выполняется полуприем. Для измерения угла полным приемом зрительную трубу переводят через зенит (вертикальный круг при этом принимает положение круг лево – КЛ) и визируют сначала на заднюю точку, а затем на переднюю точку. производят отсчеты. Данные измерений заносят в угломерный журнал.

Таблица 1

Угломерный журнал

Дата _____ Наблюдал _____

Теодолит _____ Записал _____

Таблица 1

№ станции	№ точек визирования	Положение вертикального круга	Отсчет по горизонтальному кругу	Угол из полуприема	Среднее из углов

Выполняют вычисление величины угла. Величина угла из каждого полуприема равна разности отсчетов: отсчет назад минус отсчет вперед

Разность между значениями углов из полуприемов не должна превышать $\pm 2'$. Для теодолита 2Т30: $\pm 2' = \pm 2 \cdot 30'' = 1'$. Если ошибка измерений в допустимых пределах, то рассчитывают среднее значение угла, т. е. величину угла, измеренную полным приемом:

угол из 1-го полуприема $\beta_{2П} =$;

угол из 2-го полуприема $\beta_{2Л} =$;

разность между углами из полуприемов $\beta_{2П} - \beta_{2Л} =$; (7)

среднее значение измеренного угла $\frac{\beta_{2П} + \beta_{2Л}}{2} =$ (8) = 4.

4 Измерить вертикальный угол. Деления на лимбе вертикального круга теодолита 2Т30 оцифрованы по ходу часовой стрелки с минусом и от 0° против хода часовой стрелки – без знака, что означает положительный отсчет. Вертикальный круг лимба наглухо закреплен на зрительной трубе теодолита и поворачивается вместе с ней вокруг горизонтальной оси трубы относительно нуль-штрихов алидады. Для измерения углов наклона теодолит приводят в рабочее положение, затем центр сетки нитей зрительной трубы визируют на наблюдаемую точку (рис.2). При этом положительными считаются углы, когда наблюдаемая точка выше горизонта прибора, отрицательными – когда наблюдаемая точка ниже горизонта

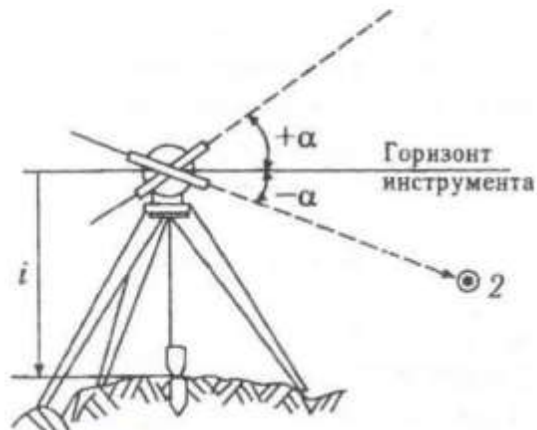


Рис. 3 - Порядок измерения углов наклона

После наведения трубы на точку берется отсчет по вертикальному кругу (сначала при положении вертикального круга КП, а затем – КЛ). Величину вертикального угла определяют расчетом:

$$2 + \text{КЛ} - \text{КП} = \alpha, \quad (9)$$

$$\alpha = \text{КЛ} - \text{МО}, \quad (10)$$

$$\alpha = MO - KP, \quad (11)$$

$$2 \text{ КЛ } KP \alpha - =, \quad (12)$$

где МО – место нуля, α - вертикальный угол.

На одном конце измеряемой линии устанавливают теодолит, а на другом – дальномерную или нивелирную рейку. Приводят теодолит в рабочее положение, наводят зрительную трубу теодолита на рейку и берут отсчеты по верхней и нижней дальномерным нитям зрительной трубы. Разность отсчетов дает расстояние в сантиметрах по рейке. Для определения угла наклона измеряемого расстояния к горизонту производят отсчет по вертикальному кругу теодолита.

Расстояние, измеренное нитяным оптическим дальномером (наклонное), вычисляется по формуле:

$$S = K \cdot n + c, \quad (13)$$

где K – коэффициент дальномера (у современных теодолитов $K = 100$);

c – постоянная дальномера (в теодолитах, имеющих зрительную трубу с внутренней фокусировкой, $c = 0$);

n – разность отсчетов по рейке по дальномерным (крайним) нитям сетки зрительной трубы.

5. Измерение расстояний нитяным дальномером

Расстояние между точками может быть измерено нитяным дальномером по вертикальной рейке с сантиметровыми делениями.

Горизонтальное проложение S , выраженное в метрах, вычисляют по формуле:

$$S = K L + C, \quad (9)$$

где K – коэффициент дальномера, равный обычно 100;

L – расстояние между дальномерными штрихами сетки нитей, выраженное в см (равно числу сантиметровых делений рейки, между дальномерными штрихами с точностью до десятых.);

C – постоянная дальномера, у современных приборов близка к нулю и, как правил, не учитывается.

Наиболее простой вариант измерения: визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а рейка – отвесна. Для измерения длины отрезка на одном его конце устанавливают теодолит, на другом – рейку.

В аудиторных условиях приборы устанавливают на консоли или геодезические столбы, а рейки на специальные подставки, расположенные в удобном месте вдоль коротких стен аудитории.

Приводят прибор в рабочее положение и визируют на рейку. Визирную ось приводят в горизонтальное положение, для чего на вертикальном круге устанавливают отсчёт, равный МО. Затем по верхней и нижней дальномерным нитям берут отсчёты с точностью до 1мм. Напомним, что отсчёт состоит из четырёх цифр.

Первые две из них – номер дециметра, на который проецируется дальномерная нить сетки.

Третья и четвертая – число сантиметровых делений (взятое с точностью до десятых долей), отсчитываемое от начала дециметра до дальномерной нити.

Отсчёты записывают в журнал в сантиметрах. Далее вычисляют разность отсчётов L и умножают на $K=100$, в результате получают искомое расстояние с точностью 0,1 м (табл.6).

Таблица 2

Журнал измерения расстояний нитяным дальномером

Номер рейки	Отсчёты по дальномерным нитям, см		Разность отсчётов L , см	Расстояние $S = 100 L$, м
	верхней	нижней		
1	173.4	156.2	17.2	17,2
2	249.4	138.6	10.6	10,6

Каждый студент должен измерить два разных расстояния.

На практике часто одну из дальномерных нитей совмещают с границей сантиметровых или дециметровых (что удобнее) делений рейки, тогда разность отсчетов L определяют числом сантиметровых делений между нитями, которое нужно сосчитать с точностью до 0.1.

Если концы измеряемого отрезка находятся на разных высотах, линия визирования не перпендикулярна к отвесно установленной рейке, и формулы для определения горизонтального расстояния имеют вид:

$$S = K L \cos^2 \nu, \text{ или } S = K L \sin^2 z, \quad (10)$$

где ν - угол наклона визирной оси; а z – зенитное расстояние.

6 Сделать выводы.

Практическое занятие № 1

Тема: Обработка ведомости координат теодолитного хода

Цель работы: научиться производить вычислительную обработку теодолитного хода

Оборудование и раздаточный материал: методические указания к работе, ведомость для вычисления координат журнал измерений горизонтальных углов, абрис, ведомость, таблицы приращений, калькулятор.

Порядок выполнения работы

1 . Необходимо по данным значениям углов найти:

а) теоретическую сумму углов: $\Sigma \beta_{т} = 180^{\circ} \cdot (n - 2)$

б) измеренную сумму углов:

$\beta_1 = 96^{\circ} 53'$; $\beta_2 = 92^{\circ} 02'$; $\beta_3 = 89^{\circ} 44'$; $\beta_4 = 81^{\circ} 20,5'$

$\Sigma \beta_{из} =$

в) найти угловую невязку $f_{\beta} = \Sigma \beta_{из} - \Sigma \beta_{т}$.

Зная начальный дирекционный угол $\alpha_1 = 323^{\circ} 07'$;

находим дирекционные углы всех сторон хода . Начальный дирекционный угол по варианту находится по формуле:

$\alpha_{1-2} = 323^{\circ} 07' + (n+2),$

где n порядковый номер студента по списку

$\alpha_{1-2} = 323^{\circ} 07'$

$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^{\circ} - \beta_2$

$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^{\circ} - \beta_3$

$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^{\circ} - \beta_4$

Краткие теоретические сведения

Вычисление координат точек теодолитного хода производится в ведомости стандартной формы. Работа начинается с заполнения графы 1 «Ведомости вычисления координат вершины теодолитного хода». Номера вершин теодолитного хода удобно записывать через строчку, чтобы между ними заносить данные для сторон теодолитного хода. Через строчку после

последней вершины проводится итоговая черта через всю ведомость, ниже которой записывают суммы величин по графам. В графы 2 и 3 против номеров вершин вносят результаты измерения горизонтальных углов. Они суммируются, результат записывается ниже итоговой черты и уравниваются. Уравненные углы переписывают в графы 4 и 5 и суммируют, чтобы проверить отсутствие ошибок при распределении невязок и переписывании.

Далее, по исправленным горизонтальным углам и заданному дирекционному углу вычисляют дирекционные углы всех сторон теодолитного хода по формуле и записывают в графы 6 и 7. Правильность вычисления дирекционных углов должна быть проконтролирована вычислением дирекционного угла начальной стороны.

За начальные направления принят дирекционный угол стороны 1-2, а за исходную вершину вершина №1 теодолитного хода. В графу 11 переписывают горизонтальные положения сторон теодолитного хода. Значения горизонтальных проложений сторон записывают в той же строке, что и значение дирекционного угла соответствующей стороны теодолитного хода. Для более четкого представления о знаках приращений координат, целесообразно перейти от дирекционных углов к румбам, по названиям которых легко установить знаки приращений координат, что и рекомендуется выполнить студенту. Зависимость румбов от дирекционных углов и соответствующие им знаки приращений координат видны из рисунка 2.

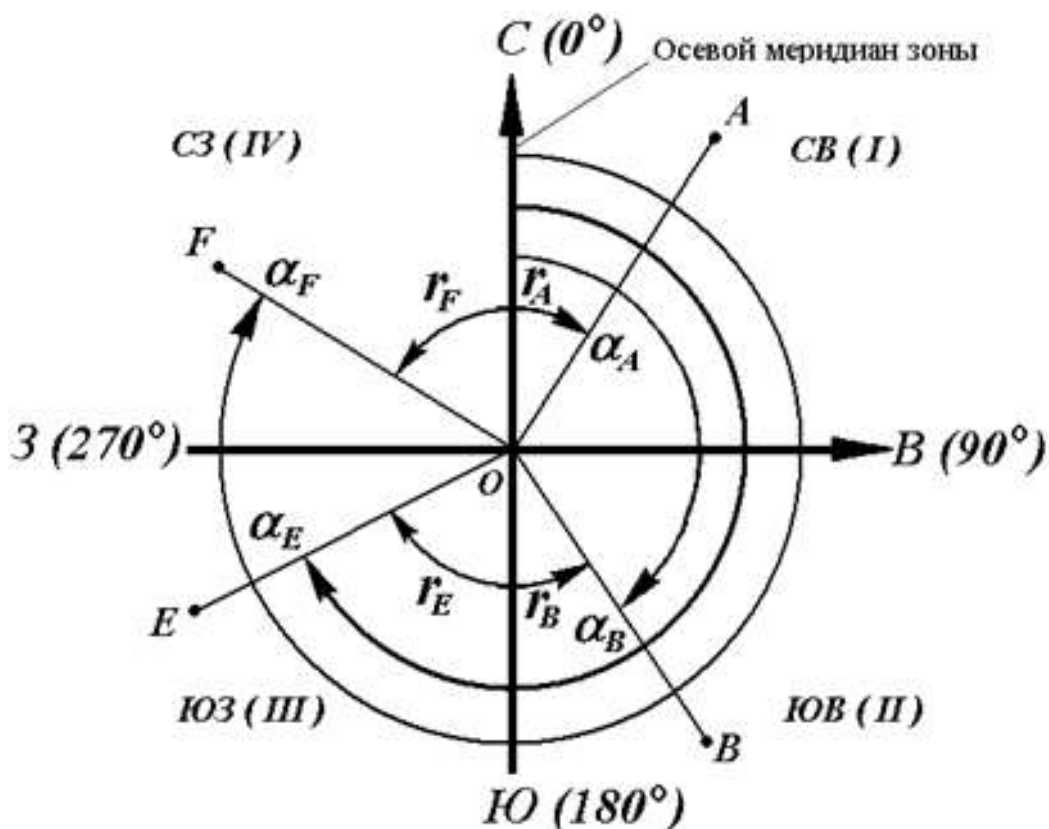


Рисунок 2 – Связь между дирекционными углами и дирекционными румбами

Таблица 1 – Зависимость между дирекционными углами и румбами направлений

Значения дирекционных углов α	Названия румбов r	Зависимость и между α и r	Знаки приращений координат	
			ΔX	ΔY
1	2	3	4	5
1 четверть $0^\circ - 90^\circ$	СВ	$r = \alpha$	+	+
2 четверть $90^\circ - 180^\circ$	ЮВ	$r = 180^\circ - \alpha$	–	+
3 четверть $180^\circ - 270^\circ$	ЮЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	–	–
4 четверть $270^\circ - 360^\circ$	СЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	+	–

Так как результаты вычислений румбов не имеют общего контроля, рекомендуется для предотвращения ошибок пользоваться схемой на рисунке и проверять вычисления обратными арифметическими действиями. Вычисленные румбы записывают в графы 8, 9, 10 ведомости. По вычисленным румбам и заданным горизонтальным проложениям сторон теодолитного хода подсчитывают приращения, заменив значения α на значения румбов r . Приращения координат записывают в графы 12, 13, 14, 15 – и суммируют по графам. Суммы по графам записывают под итоговой чертой. Эти суммы являются практическими суммами координат $\Sigma \Delta X_{\text{пр}}$, $\Sigma \Delta Y_{\text{пр}}$. Поскольку заданная схема теодолитного хода замкнутая, теоретические суммы приращений координат должны быть равны нулю, т.е. ввиду того, что при измерении сторон и определении горизонтальных проложений неизбежно возникают погрешности, которые вошли составной частью в приращение координат ΔX , ΔY , теодолитный ход не замкнется. Вместо исходной точки 1 теодолитный ход закончится в случайной точке 1'. Значение отрезка 1-1' называется абсолютной линейной невязкой в периметре теодолитного хода. Эту невязку непосредственно из результатов измерений сторон определить нельзя, т.к. для этого нет теоретических условий, но ее можно вычислить через приращения координат. Однако, абсолютная невязка, еще не характеризует качество линейных измерений, значение этой невязки необходимо отнести к длине теодолитного хода (периметру P). Такое отношение называют относительной невязкой. Допустимые значения относительных невязок устанавливаются на основании практических измерений для разных условий местности. В исходных данных погрешность

измерения сторон теодолитного хода задана величиной 1:2000, т.е. на длину одной мерной ленты в 20 метров погрешность измерения расстояний не должна превышать 1 см.

При условии $\frac{f\beta}{P} \leq \frac{1}{2000}$ невязка в горизонтальных проложениях распределяется пропорционально длинам сторон с обратным знаком на приращения координат. Исправленные значения приращений координат вычисляют алгебраическим сложением вычисленных приращений координат с поправками к ним и записывают в графы 16, 17, 18, 19 ведомости.

Алгебраическая сумма исправленных приращений координат по соответствующей оси координат должна быть равна нулю, т.е. $\Sigma \Delta X = 0$, $\Sigma \Delta Y = 0$, что должно быть подтверждено записью под итоговой чертой соответственно. В последних графах ведомости вычисляют координаты каждой вершины и исправленным приращениям координат. Контролем правильности вычислений является получение координат исходной точки в конце ведомости вычислений (для замкнутого хода).

Порядок выполнения работы

1. Необходимо по данным значениям углов найти:

а) теоретическую сумму углов: $\Sigma \beta_T = 180^\circ \cdot (n - 2) = 360^\circ$

где $n = 4$ (количество углов в теодолитном ходе)

б) находим измеренную сумму углов:

$\beta_1 = 96^\circ 53'$; $\beta_2 = 92^\circ 02'$; $\beta_3 = 89^\circ 44'$; $\beta_4 = 81^\circ 20,5'$

$\Sigma \beta_{из} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 96^\circ 53' + 92^\circ 02' + 89^\circ 44' + 81^\circ 20,5' = 359^\circ 59,5'$

в) находим угловую невязку $f\beta = \Sigma \beta_{из} - \Sigma \beta_T$.

Зная начальный дирекционный угол $\alpha_1 = 323^\circ 07'$, находим дирекционные углы всех сторон хода, начальный дирекционный угол по варианту находится по формуле:

$\alpha_{1-2} = 323^\circ 07' + (n+2)$, где n порядковый номер студента по списку журнала (принимая $n = 4$, количество углов в разомкнутом теодолитном ходе).

$\alpha_{1-2} = 323^\circ 07' + 96^\circ 53' - 180^\circ = 240^\circ$

$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 240^\circ + 92^\circ 02' - 180^\circ = 152^\circ 02'$

$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 = 152^\circ 02' + 89^\circ 44' - 180^\circ = 81^\circ 46'$

$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4 = 81^\circ 46' + 81^\circ 20,5' - 180^\circ = 323^\circ 07'$,

для контроля измерений находим

$\alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} + 180^\circ - \beta_1 = 323^\circ 07' + 180^\circ - 96^\circ 53' = 323^\circ 07,5'$

угловая невязка равна $f\beta = \Sigma \beta_{из} - \Sigma \beta_T = 359^\circ 59,5' - 360^\circ = -00,5'$

что допустимо.

3. Зная значения дирекционных углов, находим значения их румбов.

$$CB = r = \alpha = 240^\circ = r = 60^\circ CB$$

$$ЮВ = r = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 152^\circ 02' = r = 27^\circ 58' ЮВ$$

$$ЮЗ = r = \alpha - 180^\circ = 61^\circ 46' + 180^\circ = r = 241^\circ 46' ЮЗ$$

$$СЗ = r = 360^\circ - \alpha = 360^\circ - 323^\circ 07' = r = 36^\circ 53' СЗ$$

4. Зная горизонтальные проложения сторон и их румбы находим приращения координат для каждой точки хода

$$\Delta x = d \cdot \cos r \quad \Delta y = d \cdot \sin r$$

$$\Delta x_{пц-26} = 63,42 \times \cos 17^\circ 19' = + 60,54$$

$$\Delta y_{пц-26} = 63,42 \times \sin 17^\circ 19' = - 18,87 + 0,03$$

$$\Delta x_{1-2} = 161,66 \times \cos 36^\circ 53' = - 129,30 - 0,03$$

$$\Delta y_{1-2} = 161,66 \times \sin 36^\circ 53' = - 97,02$$

5. Зная значения углов горизонтальных проложений, дирекционные углы и румбы, вычисленные приращения координат и исправленные, невязку приращений, заполнить ведомость координат.

6. По известным координатам ПЦ находим координаты всех точек хода по формулам:

$$X_1 = X_{пц-26} + \Delta x_{м-1} \cdot Y_1 = Y_{пц-26} + \Delta y_{м-1}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta x_{1-2} \cdot Y_2 = Y_1 + \Delta y_{1-2}$$

$$X_3 = X_2 + \Delta x_{2-3} \cdot Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2-3}$$

$$X_4 = X_3 + \Delta x_{3-4} \cdot Y_4 = Y_3 + \Delta y_{3-4}$$

Содержание отчета:

1. Отчет по работе на листах формата А4.
2. Заполнить ведомость с вычисленными координатами

Таблица 1 - Ведомость вычисления координат опорных точек разомкнутого (диагонального) теодолитного хода

№ точ ек	Измеренн ые углы	Исправ ленные углы	Дирекци онные углы	Румбы		Горизонт альное проложе ние сторон, м	Приращения координат, м				Коорд инаты, м	
				назнач ение	вели чина		вычислен ные		исправленн ые		X	Y
							Δx	Δy	Δx	Δy		
4												
1	96°53'		240°	60°СВ								
2	92°02'		152°02'	27°58' ЮВ								
3	89°44'		61°46'	241°46' ЮЗ								
4	81°20,5'		323°07'	36°53' СЗ								
	$\Sigma\beta_{\text{изм}}$ =359°59,' $\Sigma\beta_{\text{теор.}}$ =360°	$\Sigma\beta_{\text{испр.}}$ =				P =	+	+	+	+		
							—	—	—	—		
							f_x =	f_y =	$\Sigma\Delta x$ =0	$\Sigma\Delta y$ =0		
	$f\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$ $= f\beta_{\text{доп}}$ $= 2 \bullet t \bullet \sqrt{n} = 2 \bullet 30'' \bullet \sqrt{4}$ $= 2'$ $f\beta = < f\beta_{\text{доп}} = 2'$						$f_p = \sqrt{(f_x^2 - f_y^2)}$ = $f_p/P = <$ 1/1000					

7. Выводы

Практическое занятие №2

Тема: Составление плана теодолитной съемки

Цель: Научиться выполнять графическую часть материалов теодолитной съемки

Порядок выполнения занятия:

1. Дать определения - теодолитная съемка и теодолитный ход
2. Составление плана теодолитной съемки:
 - 2.1 Построение координатной сетки
 - 2.2 Нанесение на план точек теодолитного хода
 - 2.3 Изображение ситуации на плане
3. Оформление топографического плана

Ход занятия:

Теодолитная съемка – это измерения на местности, по результатам которых составляется ситуационный или контурный план местности. Теодолитная съемка производится с точек планового съемочного обоснования, созданного на местности в виде теодолитного хода, который может быть замкнутым (рисунок 1) или разомкнутым.

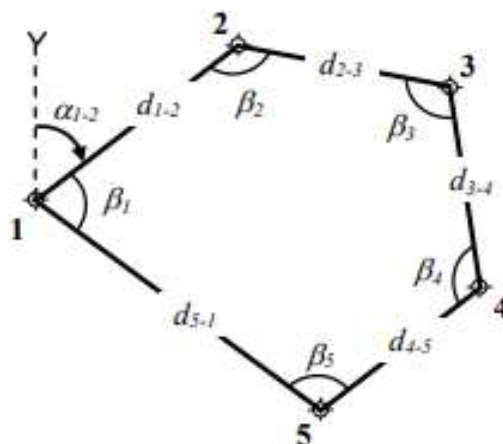


Рисунок 1 – Схема замкнутого теодолитного хода

Теодолитный ход – это совокупность закрепленных на местности точек, между которыми измеряют горизонтальные углы теодолитом и расстояния (горизонтальные проложения) – рулеткой (таблица 1). Съёмка контуров ситуации и предметов местности выполняется с точек и сторон замкнутого хода, проложенного по границе участка способами угловых и линейных засечек, створов, перпендикуляров (прямоугольных координат), полярных координат, обмеров по периметру.

2. Составление плана теодолитной съёмки

Исходные данные:

- результаты угловых и линейных измерений (таблица 1);
- абрис теодолитной съёмки (рисунок 4).

2.1 Построение координатной сетки.

Все построения выполняют на листе чертежной бумаги формата А-2 с использованием линейки Ф.В. Дробышева ЛД-1 (рисунок 2).

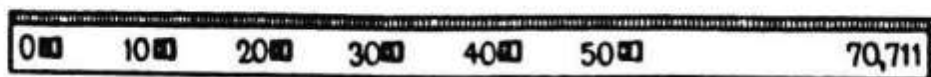


Рисунок 2 – Линейка ЛД-1

В основе ее устройства лежит соотношение: $502 + 502 = 70,7112 \text{ (см}^2\text{)}$. В корпусе линейки имеется 6 окошек-прорезей, один край которых скошен. Середина скошенного края в первом (самом левом) окошке является началом отсчета. Все скошенные края других окошек представляют собой дуги окружностей с радиусами, кратными 10 см.

Таблица 1 – Результаты измерений углов и линий в замкнутом теодолитном ходе

№ точек	Среднее значение измеренных углов β (углы правые), $^{\circ}$ '	Горизонтальные проложения сторон, м
1	88 44,8	
		138,12
2	120 16,5	
		135,50
3	112 34,7	
		129,21
4	111 18,0	
		129,05
5	107 04,5	
		184,90
1		

Центром этих окружностей является начало отсчета линейки. Расстояние от середины скошенного края крайнего левого окошка до скошенного края линейки равно 70,711 см, т.е. является гипотенузой прямоугольного равнобедренного треугольника с катетами по 50 см. При помощи такой линейки можно построить сетку из 25 (5x5) квадратов.

При построении сетки из небольшого числа квадратов можно воспользоваться циркулем-измерителем и масштабной линейкой. На листе бумаги проводят диагонали (рисунок 3).

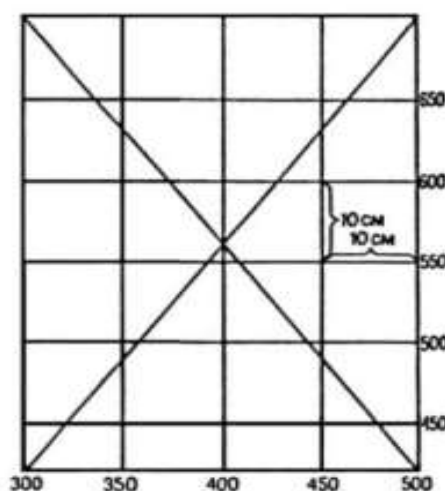


Рисунок 3 – Построение координатной сетки с помощью измерителя и линейки

От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки. Концы отрезков соединяют прямыми линиями и получают прямоугольник – основу построения сетки

На сторонах прямоугольника при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки откладывают отрезки, равные 10 см. Соединяя соответствующие точки противоположных сторон прямоугольника, получают сетку квадратов. Правильность построения сетки контролируют путем сравнения длин диагоналей квадратов. Ошибка построения не должна превышать 0,2 мм. Построенную сетку квадратов подписывают по осям X и Y так, чтобы участок съемки размещался примерно в середине листа бумаги.

2.2 Нанесение на план точек теодолитного хода

Точки съемочного обоснования наносят на план по их вычисленным координатам. Нанесение точек выполняется с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Положение точки фиксируют слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обводят окружностью диаметром 1,5 мм. Рядом записывают номер точки. Правильность нанесения двух смежных точек теодолитного хода контролируют, сравнивая измеренные расстояния между этими точками на плане и горизонтальные проложения между этими же точками хода из ведомости вычисления координат (таблица 2). Расхождения не должны превышать 0,3 мм в масштабе составляемого плана, т. е. для масштаба 1:1000 – 0,3 м.

Правильность ориентирования нанесенной линии в соответствии с ее дирекционным углом проверяют с помощью транспортира.

2.3 Изображение ситуации на плане

Накладку ситуации производят в масштабе 1:1000 по абрису съемки (рисунок 4).

Абрис – это схематический чертеж участка местности, на котором показаны взаимные расположения точек и линий съемочного обоснования, ситуация и результаты измерений теодолитной съемки. Способ построения контуров соответствует способу теодолитной съемки на местности. Пользуются при этом транспортиром, циркулем-измерителем, масштабной линейкой. Ситуацию изображают в строгом соответствии с условными знаками.

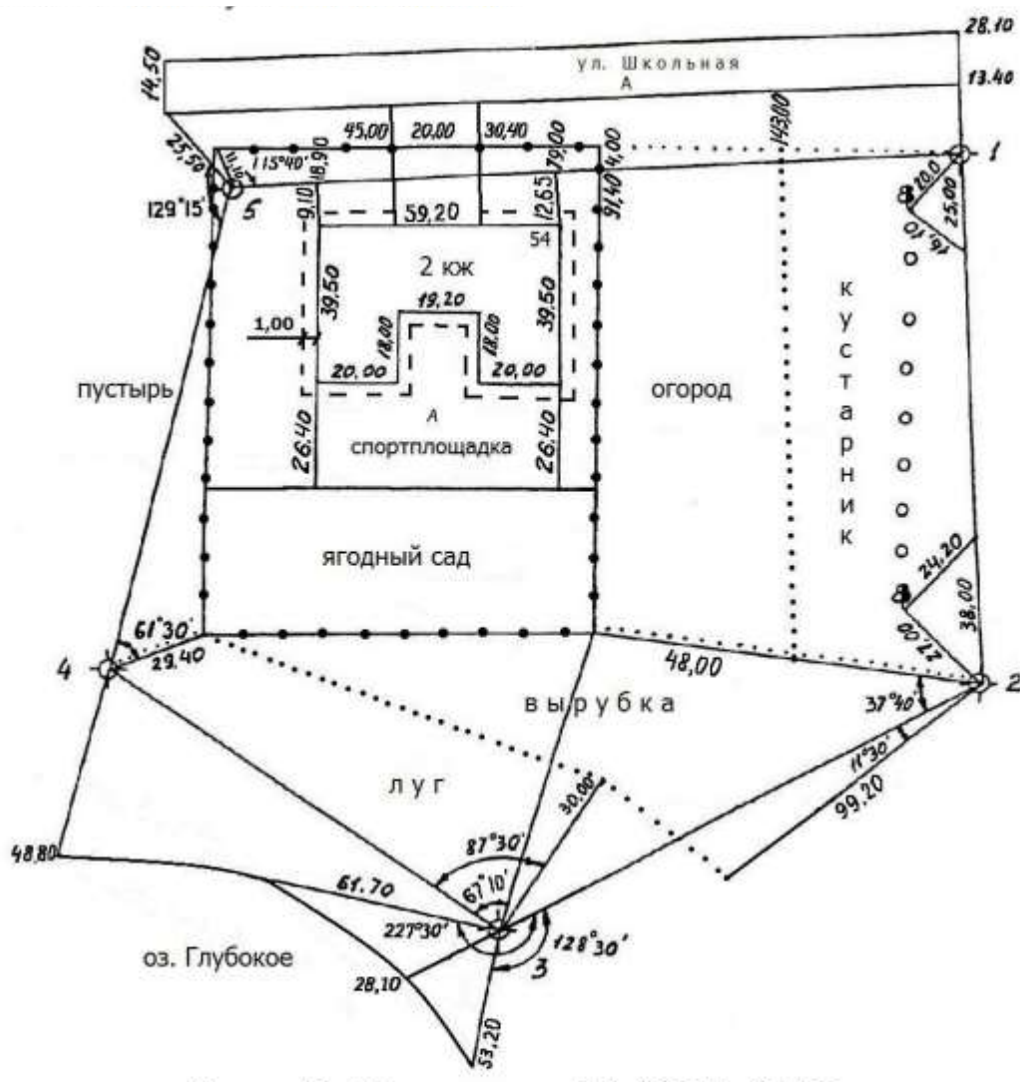


Рисунок 4 – Абрис по линиям 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-1

При перенесении точек, снятых способом прямоугольных координат (способом перпендикуляров) (рисунок 5, а), от начала стороны теодолитного хода, показанной на плане тонкой линией, с учетом масштаба откладывают расстояния до оснований перпендикуляров. В полученных точках с помощью прямоугольного треугольника строят перпендикуляры и откладывают на них соответствующие точки. Данным способом выполнена съемка здания с линии съемочного обоснования 5-1 (рисунок 4).

При построении точек, определенных способом угловых засечек, (рисунок 5, б) их положение на плане получают, откладывая с помощью геодезического транспортира углы засечек от концов сторон (-ы) теодолитного хода. Пересечение сторон углов дает положение искомой точки. Данным способом снят угол забора ягодного сада с точек 2 и 3, (рисунок 4): $\beta_1 = 37^\circ 40'$; $\beta_2 = 67^\circ 10'$

Точки, снятые способом линейной засечки, наносят, выполняя построение треугольника по трем сторонам, длины которых даны в абрисе (рисунок 6, в). При построении используют измеритель и масштабную линейку. Данным способом снят с линии съемочного обоснования 1-2 ряд деревьев (рисунок 4).

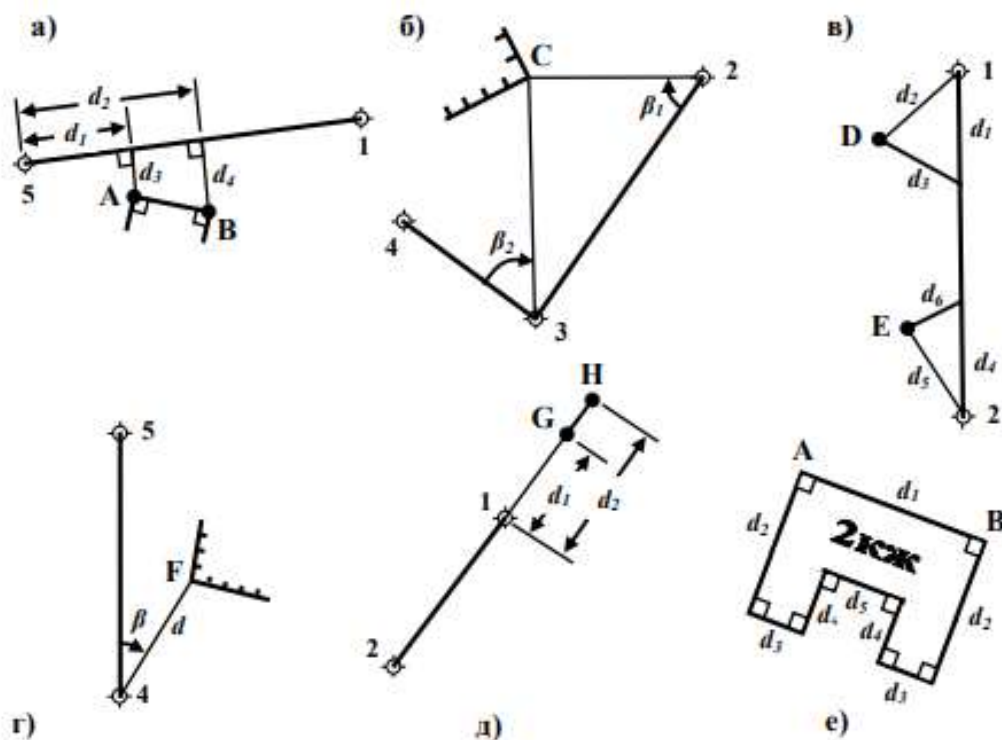


Рисунок 5 – Способы теодолитной съемки:

- а) способ прямоугольных координат; б) способ угловой засечки;
- в) способ линейной засечки; г) способ полярных координат;
- д) способ створов; е) промер по периметру

Точки контуров и ситуации, снятые полярным способом, наносят на план с помощью геодезического транспортира, циркуля-измерителя и масштабной линейки. Центр транспортира совмещают с точкой теодолитного хода, принятой за полюс, а ноль диаметра транспортира прикладывают к исходному направлению так, чтобы его полуокружность находилась слева от начального направления при углах, больших 180° и справа при углах меньше 180° . От этого направления по шкале транспортира на значениях, равных полярным углам, карандашом на плане ставят точки. После этого, прочертив от полюсной точки до полученных точек тонкие линии, по ним откладывают с учетом масштаба полярные расстояния, взятые из абриса (рисунок 5, г). Данным способом сняты с точек 4 и 5 углы металлического забора (рисунок 5), с точки 3 – берег озера и др. контуры.

Точки контуров, снятые способом створов, наносят на план с помощью масштабной линейки и циркуля-измерителя (рисунок 5, д). Данным способом на продолжении линии 2-1 снята асфальтированная дорога (рисунок 5), по линиям 2-3 и 5-4 – берег озера.

Здание наносят на план по результатам обмера его периметра (рисунки 5-е и 4).

3. Оформление топографического плана

Оформление топографического плана выполняется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500» (Приложения А, Б, В). При этом необходимо тщательно выдерживать очертания и размеры, а также порядок размещения значков. Все построения и подписи выполняют тонкими линиями. В учебных целях вычерчивание черной тушью может быть заменено вычерчиванием остро заточенным простым карандашом. Вспомогательные построения на плане не вычерчивают. Пояснительные надписи располагают на планах преимущественно горизонтально и справа от объектов, на местах, наименее загруженных условными знаками. Надписи названий улиц и переулков располагают по оси их изображения, основанием букв к югу или востоку. Надписи характеристик строений располагают внутри контуров зданий, посередине, параллельно их длинным сторонам, основанием букв к югу или к востоку (Приложение Г).

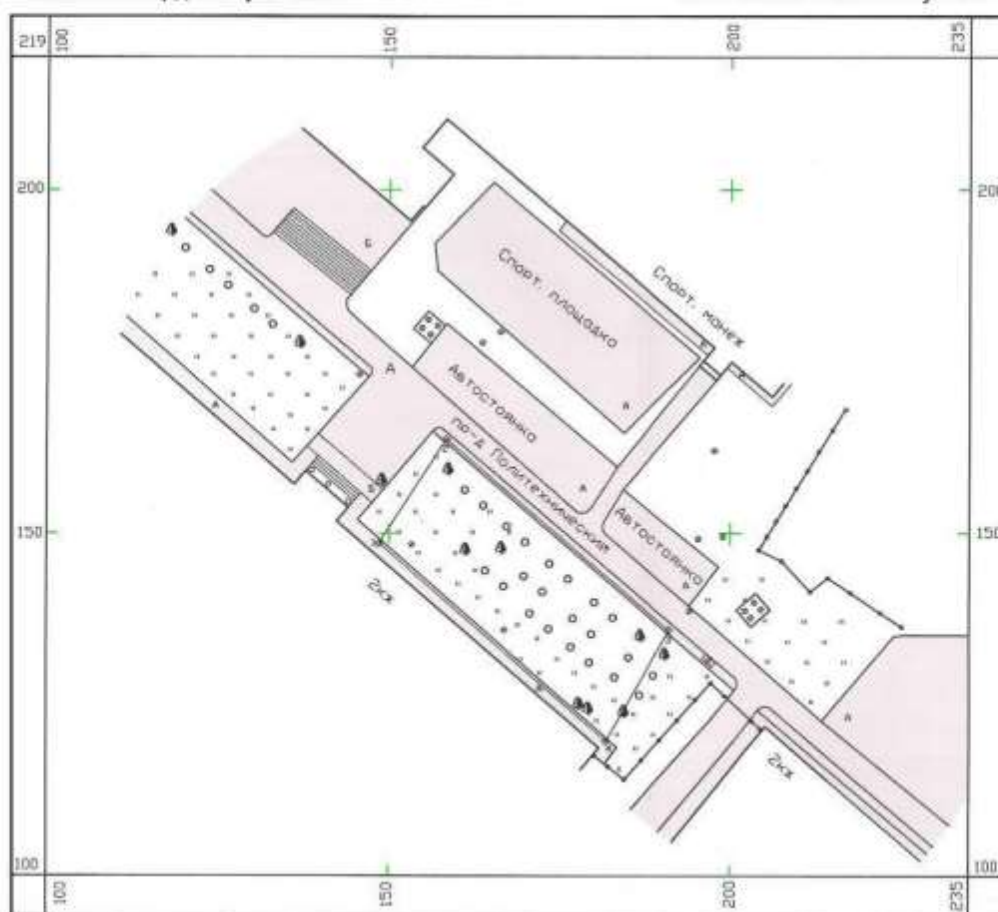
Приложение Г

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПЛАНА ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

План теодолитной съемки

Система координат условная

АлтГТУ им. И.И. Ползунова



Масштаб 1:500

Вывод:

Лабораторная работа №2

Тема: Исследование конструкции нивелиров и нивелирных реек. Снятие отсчетов по нивелирным рейкам. Выполнение поверок и юстировок нивелиров. Установка нивелира в рабочее положение, определение превышений.

Цель: Ознакомиться с конструкцией нивелиров, научиться устанавливать их в рабочее положение; научиться производить отсчеты по нивелирным рейкам, а также научиться производить приемочные и полевые поверки нивелиров, юстирование нивелиров.

Оборудование и принадлежности:

Нивелиры Н-3, Н-10, штативы, нивелирные рейки.

Порядок выполнения работы

1. Классификация нивелиров
2. Устройство нивелира и порядок работы с ним
3. Схемы нивелиров и их составные части
4. Основные технические характеристики нивелира
5. Нивелирные рейки и производство отсчетов
6. Выполнение поверок и юстировок нивелиров

1. Классификация нивелиров

Нивелиры классифицируются по точности и по конструкции.

По точности нивелиры выпускают:

- высокоточные – нивелир Н-05 имеет погрешность не более 0.5мм на 1км хода;
- точные – нивелиры Н-3, Н-3Л, Н-3К, Н-3КЛ – дают погрешность не более 3мм на 1км хода;
- технические – нивелиры Н-5, Н-10, Н-10КЛ – не более 10мм на 1км хода.

По конструкции нивелиры всех типов выпускаются в двух исполнениях: с цилиндрическим уровнем и с компенсатором. Если нивелир с компенсатором, к названию прибора добавляется буква «К», например, Н-3К.

Часть моделей нивелиров выпускается с лимбом для измерения горизонтальных углов; в этом случае к названию прибора добавляется буква «Л», например, Н-3КЛ.

Выпускались нивелиры 2, 3 и 4-го поколений. Цифра, стоящая перед обозначением марки прибора, указывает номер улучшенной модификации базовой модели, например, 4Н-5Л. Нивелиры 2, 3, 4 поколений имеют зрительную трубу прямого изображения.

Все перечисленные выше нивелиры относятся к оптическим приборам. В настоящее время выпускаются и находят широкое применение лазерные и цифровые (электронные) нивелиры. Тем не менее, наиболее широко используется на строительной площадке нивелир базовой модели Н-3, поэтому в дальнейшем рассмотрим его устройство и работу с ним.

2. Устройство нивелира и порядок работы с ним

Нивелир – это геодезический прибор, при помощи которого горизонтальным лучом визирования определяют превышение между точками.

Нивелир Н-3 предназначен для геометрического нивелирования III класса со средней квадратической ошибкой ± 3 мм на 1 км хода.

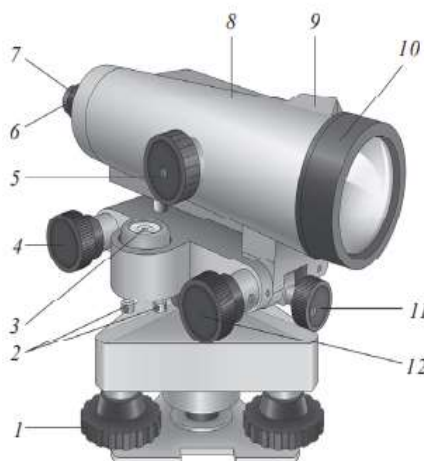


Рисунок 1 - Нивелир Н-3

1 – подъемные винты; 2 – исправительные винты круглого уровня;
3 – круглый уровень; 4 – элевационный винт; 5 – кремальера; 6 – окуляр;
7 – диоптрийное кольцо; 8 – корпус зрительной трубы; 9 – мушка;
10 – объектив; 11 – закрепительный винт; 12 – наводящий винт

Горизонтальность луча визирования обеспечивается цилиндрическим уровнем. Основными частями нивелира Н-3 (рис. 1) являются зрительная труба с цилиндрическим уровнем, наводящим, элевационным, закрепительным винтами и подставка с тремя подъемными винтами и прижимной пластиной.

Нивелир Н-3 состоит из двух частей — нижней и верхней.

Нижняя часть имеет:

- пружинную пластину с отверстием под становой винт;
- три подъемных винта для установки прибора в рабочее положение;
- трегер, имеющий втулку, в которой крепится и вращается верхняя часть нивелира.

Верхняя часть имеет:

- опорную плиту с круглым уровнем для грубой установки прибора;

— зрительную трубу с цилиндрическим уровнем для точной установки прибора, изображение концов которого передается в поле зрения трубы специальной оптической системой.

Со стороны окуляра зрительной трубы находятся исправительные винты цилиндрического уровня. На самом окуляре имеется кольцо, вращением которого добиваются резкого, четкого изображения сетки нитей в поле зрения трубы. При наведении зрительной трубы на рейку четкости изображения добиваются вращением винта кремальеры (фокусника) на зрительной трубе. Зрительная труба с одной стороны прикреплена к опорной плите шарнирно, что дает возможность элевационным винтом исправлять положение визирной оси, т.е. точно привести ее в горизонтальное положение (две половинки цилиндрического уровня в поле зрения трубы соединены, образуют полукруг). Под объективом зрительной трубы имеются закрепительный и наводящий, или микрометричный, винты.

3. Схемы нивелиров и их составные части

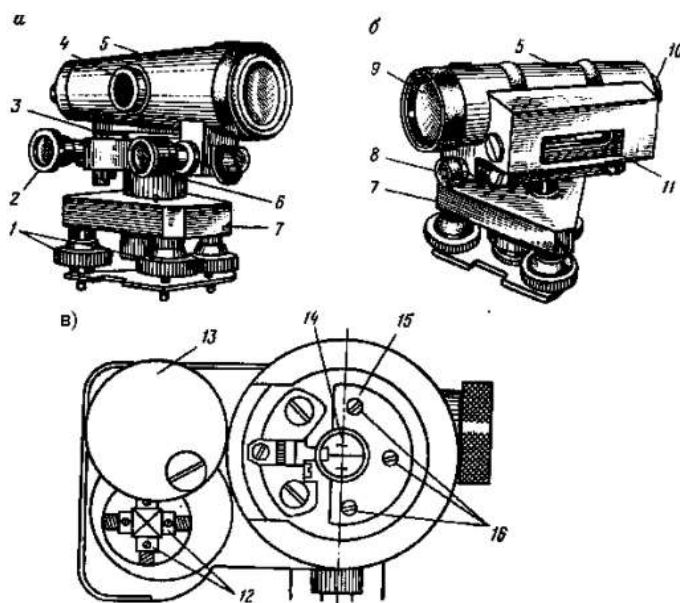


Рисунок 2 - Точный нивелир Н-3:

а – вид со стороны круглого уровня; б – вид со стороны цилиндрического уровня; в – вид со стороны окуляра зрительной трубы без предохранительного колпачка: 1 – подъемные винты; 2 – элевационный винт; 3 – круглый уровень; 4 – кремальера; 5 – корпус зрительной трубы; 6 – наводящий винт; 7 – трегер; 8 – закрепительный винт; 9 – объектив; 10 – окуляр с диоптрийным кольцом; 11 – контактный цилиндрический уровень; 12 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 13 – крышка; 14 – сетка нитей; 15 – металлическая пластина; 16 – крепежные винты сетки нитей

Нивелир Н-10Л (рис.3,а и рис.3б) — малогабаритный нивелир с контактным цилиндрическим уровнем и элевационным винтом, снабженный лимбом для измерения горизонтальных углов.

Нивелир обеспечивает выполнение технического нивелирования со средней квадратической погрешностью порядка 6—8 мм на 1 км нивелирного хода. Он может быть использован при инженерно-геодезических изысканиях, строительстве зданий, сооружений и на других видах работ.

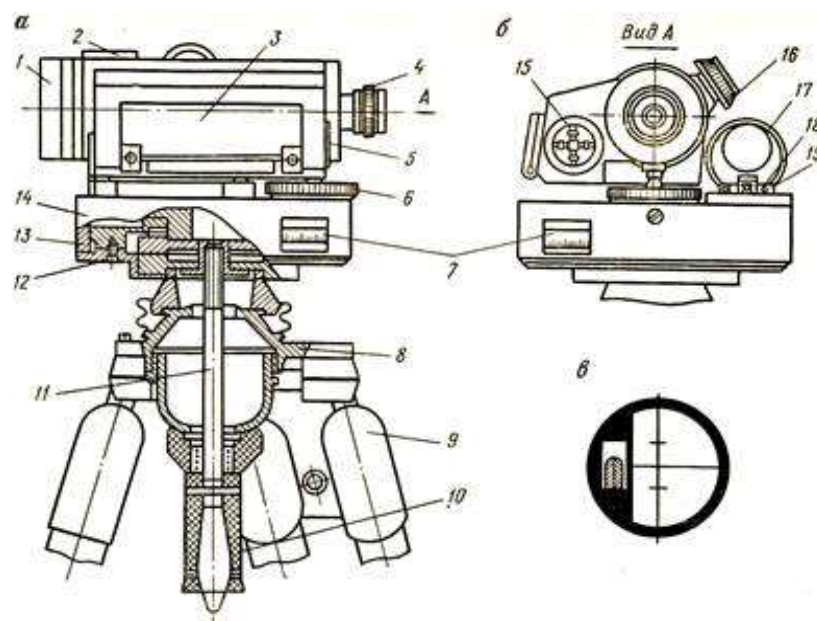


Рисунок 3 - Схема технического нивелира Н-10Л:

а – вид с боку; б – вид со стороны окуляра;

в – поле зрения зрительной трубы;

1 – объектив; 2 – мушка; 3 – откидное зеркало; 4 – окуляр; 5 – крышка, закрывающая юстировочные винты цилиндрического уровня; 6 – элевационный винт; 7- окошко для отсчетов по лимбу; 8- шаровая пята; 9 – штатив; 10 – рукоятка станového винта; 11 – становой винт; 12 – винты, скрепляющие подставку с корпусом; 13 – лимб горизонтального круга; 14 – кожух; 15 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 16 – кремальера; 17 – зеркало; 18 – круглый уровень; 19 – юстировочные винты уровня.

Нивелир имеет ряд конструктивных особенностей, главная из которых отсутствие трегера с подъемными винтами. Для установки нивелира на станции по круглому уровню 18 служит шаровая пята 8 на головке специального штатива 9, на которой закрепляют нивелир. Приводя нивелир в рабочее положение, вывинчивают на 1—1,5 оборота становой винт 11 и, наклоняя нивелир рукояткой 10, приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт.

Лимб 13 горизонтального круга, отсчеты по которому берут с точностью до десятых долей градуса через окошко 7 в кожухе, позволяет применять этот нивелир и для приближенного измерения углов.

Зрительная труба нивелира вращается по азимуту на 360°. Обычных закрепительного и наводящего винтов нивелир не имеет — труба наводится на рейку от руки. Для поворота трубы берутся за кожух 14 и, преодолевая фрикционное трение осевой пары, визируют поверх удлиненной мушки 2, устанавливая трубу в нужном направлении. Приведение пузырька контактного цилиндрического уровня в нуль-пункт выполняют элевационным винтом 6, расположенным между зрительной трубой и основанием прибора. Изображение половинок противоположных концов пузырька передается в поле зрения трубы (рис.3, в). Цилиндрический уровень снабжен котиловочными винтами 15 под крышкой 5.

4. Основные технические характеристики нивелира

Таблица 1 - Технические характеристики нивелира

Показатели	Н – 3	Н – 10
Увеличение зрительной трубы	31,5	30,0
Коэффициент дальномера	100	100
Наименьшее расстояние визирования, м	1,0	2,0
Цена деления цилиндрического уровня	15	15
Цена деления круглого уровня	10	10
Диапазон работ компенсатора	±16	±16
Масса, кг	2,5	1,7

5. Нивелирные рейки и производство отсчетов

Рейки нивелирные РН-3 (рис.3,а) изготавливают цельными и складными. Надежное скрепление частей складной рейки обеспечивает замок. К нижнему концу рейки (пятке) прибивается металлическая пластина толщиной 2 мм. Рейки имеют на обеих сторонах градуировку, выполненную в виде сантиметровых шашек. По всей длине рейки каждый дециметр оцифрован. Если дециметры подписаны перевернутыми цифрами, рейки используют в комплекте с приборами обратного изображения, в поле зрения трубы цифры будут в прямом изображении (рис. 3,б). На основной стороне рейки на белом фоне нанесены шашки черного цвета (черная сторона), а на другой (контрольной) – красные на белом фоне (красная сторона). На каждой стороне рейки три цветные шашки каждого дециметрового интервала соединяются вертикальной полосой, что соответствует участку в 5 см, это начало каждого дециметра. Отсчеты по рейке записывают в миллиметрах.

Для контроля взятия отсчетов по двум сторонам рейки начало первого дециметрового интервала красной стороны смещено по отношению к началу первого дециметрового интервала черной стороны. На черной стороне нуль совпадает с пяткой рейки. На красной стороне рейки с пяткой совпадает другой отсчет, например, 4787. Разность отсчетов основания рейки по красной и черной сторонам $4787 - 0 = 4787$ называется пяточной разностью.

Таким образом, при производстве отсчетов по черной и красной сторонам одной и той же рейки разность отсчетов должна быть постоянной, что и служит контролем измерений на станции. Для данного примера она должна быть равна 4787. Произвести отсчет по рейке – значит определить высоту линии визирования над пяткой (основанием) рейки. Отсчет формируется от меньшей цифры к большей. Если зрительная труба нивелира обратного изображения, то брать отсчеты по рейке необходимо сверху (от нуля) вниз. Если зрительная труба прямого изображения, то отсчеты брать снизу вверх.

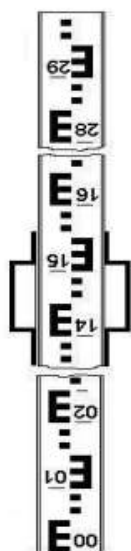


Рисунок 4 – Рейка нивелирная

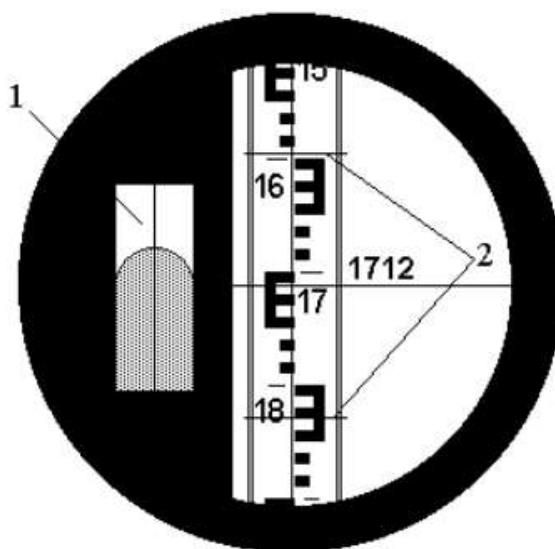


Рисунок 5 – Поле зрения трубы нивелира:
1 – изображения концов пузырька уровня;
2 – дальномерные штрихи

На рисунке 5 показана нивелирная рейка с обратным изображением шкалы. На такой рейке цифры дециметровых делений (например, «14», «15») перевернуты. Белые и черные деления соответствуют 10 мм. Отсчеты по рейке берутся до «мм», которые определяются визуально («на глаз»). В поле зрения трубы нивелира (рис. 2) начало шкалы «00» находится вверху и отсчеты увеличиваются сверху вниз. Рейки устанавливают вертикально «на глаз» или с помощью уровня. Отсчеты по рейкам (рис. 4) производят по средней нити

нивелира, при горизонтальном положении зрительной трубы. Отсчет записывают в миллиметрах. На рис. 5 отсчет составляет 1712 мм

6. Выполнение поверок и юстировок нивелиров

Перед началом полевых работ выполняются поверки нивелира для обеспечения необходимой точности измерений, т.е. контроль взаиморасположения основных осей нивелира (рис. 6).

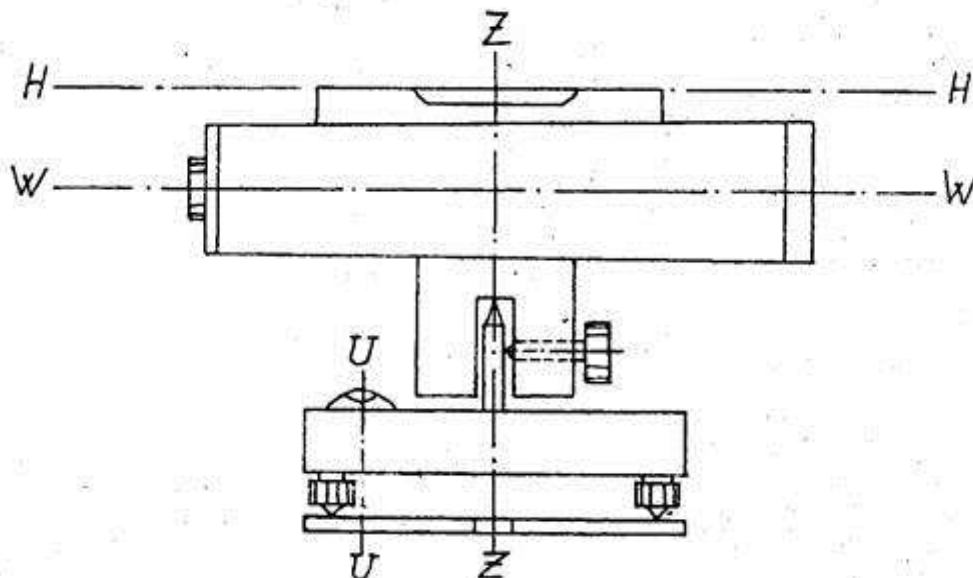


Рисунок 6 – Основные оси уровенных нивелиров:

HH – ось цилиндрического уровня; WW – визирная ось зрительной трубы; ZZ – ось вращения; UU – ось круглого уровня

6.1 Приемочные поверки нивелира

Приемочные поверки производятся при получении нивелира со склада, при передаче его от материально ответственного лица, а также если прибор подвергался механическим воздействиям, ударам. При получении инструмента в первую очередь проверяется его комплектность и целостность. Закрепительные, наводящие и подъемные винты должны плавно вращаться. Это условие проверяется вращением закрепительных, наводящих и подъемных винтов. Если резьба не сорвана, но винты работают не плавно или имеют тугой ход, нужно определить и устранить причины, вызывающие эти отклонения.

6.2 Полевые поверки нивелира.

П о в е р к а № 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения нивелира.

Подъемочными винтами подводят пузырек уровня в центр ампулы. Поворачивают трубу нивелира на 180°. Если пузырек сошел с центра, то исправительным винтом возвращают его к центру на половину величины

отклонения, а затем подъемными винтами подводят в центр. Поверку и исправление повторяют несколько раз.

П о в е р к а № 2. Вертикальная нить сетки нитей в рабочем положении нивелира должна быть отвесна, а горизонтальная — перпендикулярна ей. Завод гарантирует перпендикулярность нитей сетки, поэтому проверяют только одну вертикальную нить. По круглому уровню приводят нивелир в рабочее положение. Крест сетки нитей зрительной трубы наводят на шнур отвеса, расположенный на расстоянии 20—30 м от нивелира. Если вертикальная нить пересекает шнур отвеса — условие не выполняется. В этом случае снимают окулярную часть трубы, отпускают средний винт пластинки на четверть оборота, а крайний винт — на целый оборот и осторожно поворачивают пластинку в нужную сторону. Затем надевают окулярную часть трубы и проверяют положение сетки. После установки сетки закрепляют пластинку и окулярную часть трубы.

П о в е р к а № 3. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси контактного цилиндрического уровня. Это главное условие, которому должен отвечать каждый нивелир, визирную ось которого устанавливают горизонтально при помощи уровня.

Поверку производят двойным нивелированием линии длиной около 75 м. В точках А и В забивают колышки. В точке А устанавливают нивелир так, чтобы его окуляр проектировался на центр колышка, а в точке В устанавливают рейку. Нивелир приводят в рабочее положение и с точностью до 1 мм рулеткой или рейкой измеряют высоту прибора i_1 , т.е. расстояние от центра окуляра до центра колышка. По рейке берут величину отсчета точки В — в, затем нивелир переносят в точку В, а рейку — в точку А. Нивелир приводят в рабочее положение, измеряют высоту прибора i_2 и по рейке берут величину отсчета точки А — а.

Если визирная ось не параллельна оси уровня и имеет наклон вверх, то вместо отсчетов по рейкам в одних точках будут взяты отсчеты в других точках с ошибкой, равной x .

Абсолютные значения превышения точки В над точкой А при нивелировании с первой станции (нивелир в точке А) - $h = i_1 + x - b$ и со второй станции (нивелир в точке А) $h = a - x - i_2$ должны быть равны между собой. Поэтому можно записать равенство $i_1 + x - b = a - x - i_2$.

$$\text{Откуда} \quad x = \frac{(a-b) - (i_1 + i_2)}{2} \quad (1)$$

То есть ошибка в отсчетах из-за непараллельности визирной оси и оси контактного цилиндрического уровня равна полусумме отсчетов по рейкам без полусуммы высот инструмента.

Если x не превышает 4 мм, то условие выполняется. При $x > 4$ мм оси непараллельны. В этом случае для станции в точке В вычисляется верный отсчета $l = a - x$, соответствующий параллельности визирной оси и оси уровня. Вращая элевационный винт, наводят среднюю нить на этот отсчет. При этом концы пузырька уровня в поле зрения трубы разойдутся. Затем открывают крышку, закрывающую исправительные винты цилиндрического уровня, и, вращая вертикальные исправительные винты уровня, точно совмещают изображения концов пузырька в поле зрения трубы. Для контроля поверку повторяют.

7. Нарисовать схему нивелирования линии АВ

Наиболее часто применяемый способ геометрического нивелирования – это так называемый способ «из середины» (рис. 7).

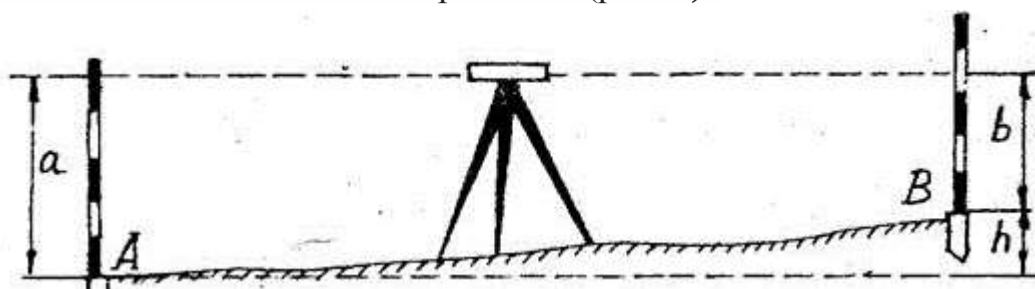


Рисунок 7 – Способ «из середины»

8. Записать отсчеты в журнал нивелирования (табл. 3).

Таблица № 3 - Журнал нивелирования

№ станции	Пикеты и +	Отсчеты по рейке			Превышения мм		Горизонт приборов	Отметки вычисленные
		задние	передние	промежуточные	+	-		
Задней	Передней							
A	B Rp 42	ч к	—		ч			
C	- Rp 42	ч к ч к	к		ч			
D		ч к	к					

9. Выводы

Практическое занятие №3

Тема: Составление подробного профиля трассы

Цель: — научиться определять превышения и высоты точек;
— научиться составлять подробный профиль трассы;

Порядок выполнения занятия:

1. Понятие о трассе железной дороги.
2. Подготовка трассы к нивелированию. Разбивка пикетажа
3. Пикетажный журнал и его ведение
4. Круговые кривые и их главные точки
5. Нивелирование трассы и поперечников
6. Журнал нивелирования. Полевой контроль нивелирования
7. Виды продольных профилей
8. Проектирование по продольному профилю. Вычисление проектных высот и уклонов
9. Составление поперечных профилей

1. Понятие о трассе железной дороги

Трасса железной дороги — это проходящая на местности продольная ось железнодорожного пути на уровне бровок основной площадки земляного полотна. В процессе изысканий и проектирования железной дороги трасса ее предварительно наносится на плане и карте. Вынесение положения трассы с карты на местность называют разбивкой трассы. При разбивке трассы на местности выполняют такие геодезические работы, как проложение линии заданного направления и уклона, измерение и разбивка углов поворота трассы, разбивка круговых и переходных кривых при заданных углах поворота, закрепление трассы и ее привязка, разбивка трассы на стометровые отрезки (пикеты), съемка плана трассы, нивелирование трассы и мостовых переходов и др.

Проложение и закрепление трассы на местности выполняют специалисты и рабочие изыскательной экспедиции или партии, которая делится на отряды и бригады. В плане трасса представляет сочетание прямых участков с кривыми различной кривизны. Прокладку трассы на местности

называют трассированием. Вслед за трассированием прокладывают теодолитный ход по трассе, измеряют и разбивают ее углы поворота и определяют расстояния между ними.

Углы поворота трассы измеряют правые по ходу способом полных приемов. По измеренному правому углу вычисляют угол поворота, составленный между продолжением предыдущего и последующего направления трассы (Рисунок 1).

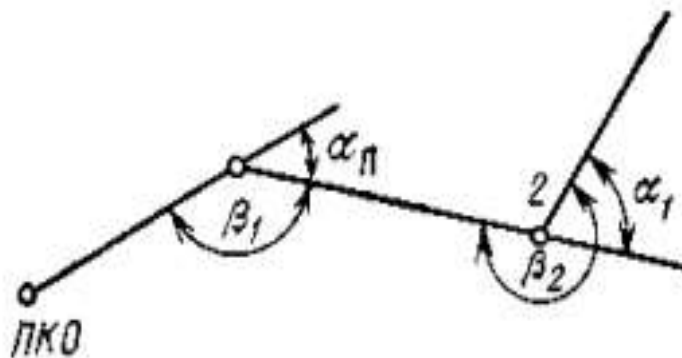


Рисунок 1 – Углы поворота трасс

Если значение измеренного правого угла будет меньше 180° , угол поворота правый; при измеренном правом угле, большем 180° , угол поворота левый.

2. Подготовка трассы к нивелированию. Разбивка пикетажа

Подготовку трассы к нивелированию начинают с осмотра местности и уточнения положения трассы, проверки сохранности точек углов поворота и закрепления трассы. В необходимых случаях эти точки восстанавливают. Вслед за этим проводят вешение прямолинейных участков трассы между вершинами углов поворота. Вешение на окончательных изысканиях выполняют по теодолиту способом на себя; при предварительных изысканиях — по биноклю.

На длинных прямых участках трассы ставят створные столбы через 1000 м на предварительных и через 500 м — на окончательных изысканиях, измерение трассы производят от ее начала землемерными стальными лентами или дальномерами с выделением стометровых отрезков (пикетов).

Разбивку пикетажа 20-метровой землемерной лентой с шестью шпильками выполняет звено из четырех человек: техник-пикетажист, два рабочих мерщика и один рабочий, переносящий колья, сторожки и др. При ведении пикетажа каждую характерную точку трассы закрепляют колышком

(точкой), забитым вровень с землей, и в 15—20 см от него сторожкой — вторым колышком. Сторожок на 20—30 см возвышается над землей. На его затесанной стороне, обращенной к точке, пишут цифрами пикетажное положение точки.

При разбивке пикетажа точками отмечают все стометровые отрезки — пикеты (ПК 3, ПК 18), все характерные места перегибов поверхности земли, где происходит изменение уклонов трассы, — плюсовые точки. На их сторожках указывают номер младшего (заднего) пикета плюс расстояние от него до характерной точки. Например, надпись ПК 2 + 61,00 указывает, что расстояние от пикета 2 до точки перелома профиля 61 м. В вершинах углов поворота трассы пишут номер младшего пикета плюс расстояние до вершины; кроме того, указывают номер угла поворота, его величину, радиус кривой R , длину переходной кривой, например, ВУ1, ПК 6 + 48,00 — вершина угла поворота 1 находится в 48 м от ближайшего заднего пикета 6. Пикетажное положение (значение) каждой точки указывает ее расстояние от начала трассы. Например, ПК 34 обозначает, что эта точка находится от начала трассы на 34 сотни метров, т. е. 3400 м, а ПК 34 + 23 обозначает, что эта точка удалена от начала трассы на 3423 м. Зная пикетажное значение двух точек, можно определить расстояние между ними. Например, $3723 - 3400 = 323$ м. Плюсовыми точками обозначают начало, середину и конец каждой кривой, а также пересечение трассой дорог, водных преград, уровень воды рек и водотоков. Встречаются случаи, когда пикет оказывается больше или меньше 100 м. Это бывает при встрече двух партий, разбивающих трассу с противоположных концов, при примыкании к железной дороге, к другой трассе. Такие пикеты от 50 до 150 м называют неправильными или резаными (рублеными). Одновременно с разбивкой пикетажа ведут съемку ситуации и предметов местности, отстоящих по обе стороны от трассы в полосе от 25 до 50 м. При съемке ситуации наиболее применим способ перпендикуляров с помощью рулетки и эскера. В работы по подготовке трассы к нивелированию входит и разбивка поперечников. Они проходят перпендикулярно к оси трассы или вдоль радиусов кривой. Поперечники разбивают под прямым углом к трассе с помощью гониометра или эскера на длину не менее 50 м в каждую сторону. Их назначают в пикетных и плюсовых точках, местах пересечения дорог, водотоков, населенных пунктов на поперечных к трассе косогорах круче 1 : 10 и других точках, предусмотренных проектом. На сторожках точек поперечника, лежащих справа от трассы, указывают букву П и расстояние до трассы, а на точках, лежащих слева, — букву Л (П+35; Л+17).

3. Пикетажный журнал и его ведение

Разбивка пикетажа и все измерения на трассе сопровождаются составлением пикетажного журнала (называемого иногда пикетажной книжкой) (Рисунок 2). Пикетажный журнал выполняют на листах клетчатой бумаги размером 10×15см с твердой обложкой. Записи ведут простым карандашом. Посередине листа проводят прямую линию, изображающую выпрямленную трассу. На ней через 5см (в масштабе 1:2000) отмечают черточками пикетные и плюсовые точки, справа от которых пишут их обозначения в пикетажном исчислении. Вершины углов поворота (ВУ) отмечают кружочками, от которых вправо или влево проводят стрелки в зависимости от направлений угла поворота. Рядом с вершиной указывают ее номер, величину угла поворота, азимут или румб нового направления линий, радиус кривой и все элементы кривой. В пикетажный журнал заносят все данные о съемке ситуации: положение и длину перпендикуляров до характерных точек ситуаций, обозначают границы и пишут вид угодия (лес, пашня, луг и др.), обозначают дороги с указанием названия пунктов, куда и откуда они проходят, указывают расстояние от трассы до линии связи и электропередач, высоту подвеса проводов и их количество, а также другие подробности местности, которые будут необходимы при проектировании и строительстве железной дороги. Направление скатов местности указывают стрелками. При переходе водотока отмечают его границы и урез воды. Данные пикетажного журнала используют при составлении плана трассы.

дороги, вычисляют остальные элементы круговой кривой. При проектировании новых железных дорог принимают следующие унифицированные радиусы кривых: 4000; 3000; 2500; 2000; 1800; 1500; 1200; 1000; 800; 700; 600; 500; 400; 350; 250; 200; 180; 150 м.

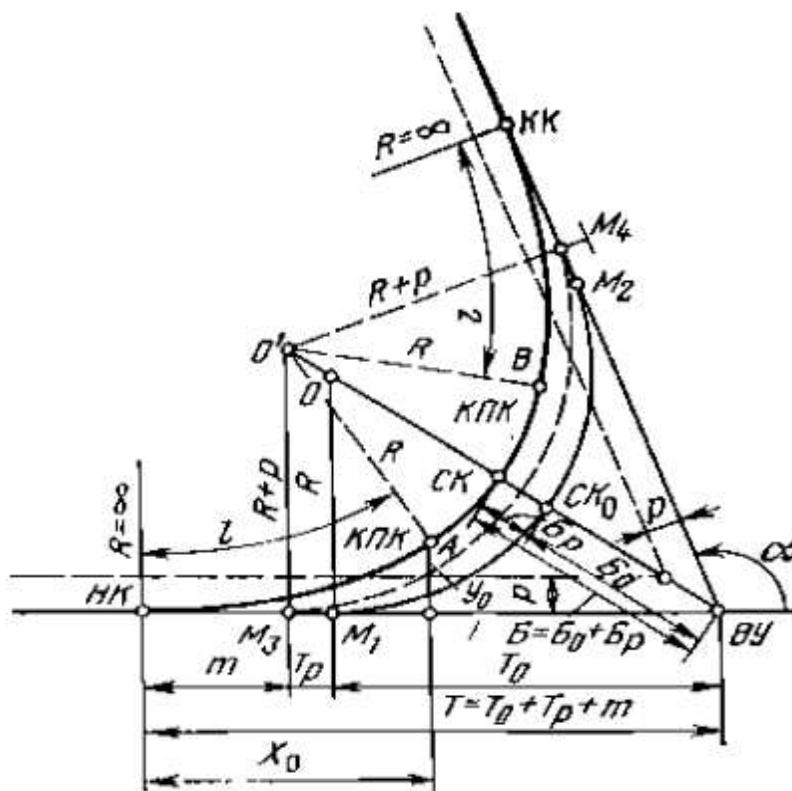


Рисунок 3 – Схема круговых и переходных кривых

5. Нивелирование трассы и поперечников

Чтобы получить высоты пикетных и плюсовых точек трассы для составления продольного профиля ее, производят нивелирование по пикетажу. Такое нивелирование называют продольным. Нивелирование трассы производят способом из середины.

Нормальное расстояние между нивелиром и рейками при нивелировании IV класса—100 м, а при техническом—120 м. Высота визирного луча над поверхностью земли не должна быть менее 20 см. Неравенство расстояний от нивелира до реек должно быть менее 10 м.

Для этого нивелир устанавливают на каждой станции (места установки нивелира) на равных расстояниях, определяемых на глаз или измеряемых шагами. Нивелир (особенно цилиндрический уровень) рекомендуется закрывать от прямого попадания солнечных лучей зонтом, а при переноске — чехлом. Нивелирные рейки, как правило, применяют двусторонние. Высотное обоснование производят привязкой к знакам государственного нивелирования — маркам или реперам. Такие привязки выполняют в начале и в конце трассы,

прокладывая привязочные ходы с одной или нескольких станций. Рейки при этом ставят на чугунные башмаки или костыли.

Выбор станции производят так, чтобы с нее были видны все нивелируемые точки, которые могут быть связующими и промежуточными. Связующими называют точки, по которым передают высоты от начала к концу нивелирного хода, т. е. точки, которые связывают по высоте две смежные станции

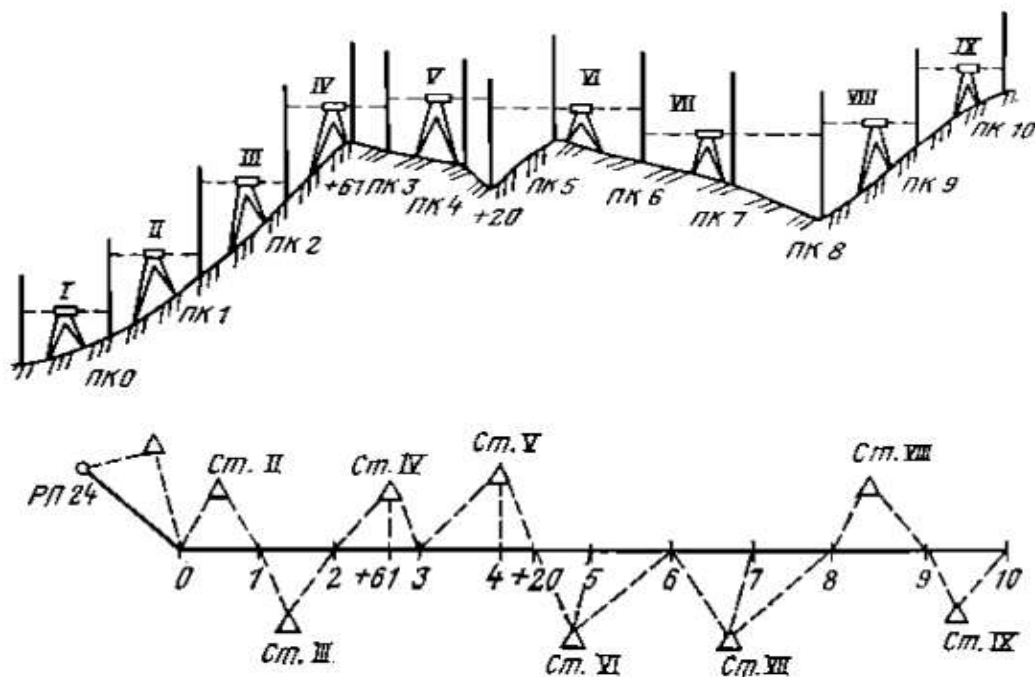


Рисунок 4 – Схема нивелирования трассы

Для предыдущей станции связующая точка будет передней, а для последующей — задней. Такими точками, например, на Рис. 4, будут ПК0, ПК1, ПК2 ПК3 и др. На связующих точках берут отсчеты по обеим сторонам реек с двух смежных станций. Между связующими точками имеются точки, подлежащие нивелированию, называемые промежуточными например ПК 2 + 61, см. (Рисунок 4). Они могут быть как пикетными, так и плюсовыми. Однако, пикетные точки, как правило, назначают связующими. На промежуточных точках отсчеты по рейке берут только по черной стороне.

Нивелирование поперечников

Поперечники — прямые линии, перпендикулярные к направлению трассы, нивелируют с отдельных станций независимо от нивелирования трассы. Станции нивелирования выбирают так, чтобы были видны отсчеты на все характерные точки одного или нескольких поперечников, а также на две точки, лежащие на трассе. Задней (исходной) точкой является пикетная или плюсовая точка, на которую берут задний отсчет по двум сторонам рейки,

затем последовательно на все характерные точки одного или двух поперечников ставят рейки, по которым берут только по одному отсчету по черной стороне (Рисунок 5,а). Нивелирование заканчивают взятием двух отсчетов по черной и красной сторонам рейки, установленной в переднюю пикетную или плюсовую точку трассы. На крутых косогорах нивелирование поперечников производят с нескольких станций (Рис. 5,б). В этих случаях высоты точек на последующие станции нивелирования передают через связующие точки, лежащие на трассе. На (Рис. 5,б) такими точками являются ПК4 + 20 и ПК 5. Все данные нивелирования записывают в журнал нивелирования поперечника

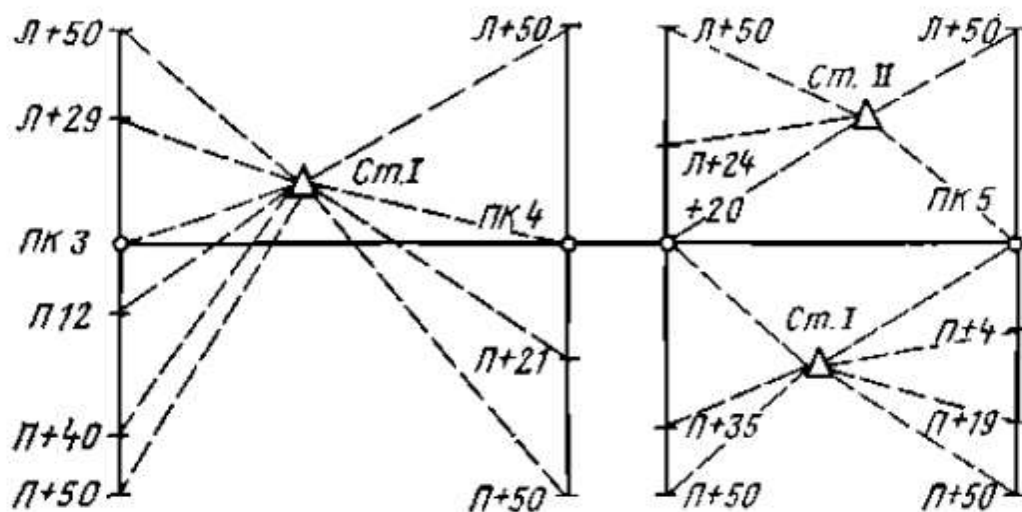


Рисунок 5 – Схема нивелирования поперечников

6. Журнал нивелирования. Полевой контроль нивелирования

В полевые материалы нивелирования трассы входят пикетажные журналы основного хода и поперечников, журналы нивелирования основного хода и поперечников.

Обработку полевых материалов производят в такой последовательности:

1. Проверка правильности и полноты составления пикетажных журналов. При этом проверяют правильность определения элементов кривых, вычисления главных точек кривых в пикетажном положении.
2. Проверка заполнения нивелирного журнала трассы и поперечников.
3. Вычисление превышений точек трассы, их увязка.
4. Вычисление высот точек основного хода трассы.

Увязка вычисленных превышений состоит в том, что в превышения вводят поправки, прибавляя их со знаком, обратным знаку невязки.

7. Виды продольных профилей

Продольный профиль — это изображение разреза земной поверхности по линии нивелирования на вертикальной плоскости. Продольный профиль трассы представляет собой изображение развертки трассы на вертикальную плоскость.

Различают следующие основные виды профилей: Подробный продольный профиль выполняют в масштабах:

- горизонтальный 1:10 000,
- вертикальный 1:1000.

Он служит основным документом, по которому выполняют проектирование, а затем строительство железной дороги. На нем в условных обозначениях наносят все линейные сооружения; указывают геологические данные.

Схематический продольный профиль составляют в процессе проектирования плана трассы в масштабе карты. Вертикальный масштаб схематического профиля— 1:1000.

Утрированный профиль применяют при проектировании реконструкции и капитального ремонта существующих линий и вторых путей. Горизонтальный масштаб утрированного профиля 1:10000, а вертикальный 1 : 100. Такой крупный вертикальный масштаб необходим для того, чтобы наглядно показать изменение высот профиля даже на несколько сантиметров.

Подробный продольный профиль составляют на миллиметровой бумаге с обрезкой по высоте 297мм, по длине профиль складывается по формату размера — 210мм.

В начале профиля на титульном листе указываются все данные о проектируемой трассе. В конце профиля ставят штамп, в котором указывают проектную организацию, фамилии исполнителей и руководителей проекта.

Построение продольного профиля производят в такой последовательности:

1. Наносят сетку профиля, наименование граф которой и размеры в миллиметрах приведены на Рисунке 6.

2. В графе «Расстояния» вертикальными линиями отмечают пикетные и плюсовые точки. Расстояния указывают от заднего пикета до ближайшей плюсовой точки и до переднего пикета. При нескольких плюсовых точках в пределах пикета указывают расстояния между ними, так чтобы сумма этих расстояний была равна длине пикета (100 м). Номера пикетов записывают под вертикальными пикетными линиями.

3. В графу «Высоты земли» над соответствующими вертикальными линиями записывают округленные до сантиметров высоты пикетных и плюсовых точек, взятые из журнала нивелирования.

4. Посередине графы «План с ситуацией» проводят красным цветом выпрямленную ось трассы и на основании пикетажного журнала заполняют все данные о ситуации.

5. Наименование грунтов по данным геологических обследований заносят в верхнюю графу профиля.

6. От верхней линии сетки профиля откладывают вертикальные линии, равные в масштабе 1:1000 высотам точек земли. Чтобы отрезки вертикальных линий не превышали 5—10 см, верхней линии сетки профиля — условного горизонта придают соответствующую отметку, например 100 м.

Концы отложенных вертикальных отрезков соединяют прямыми линиями. Полученная ломаная линия — это профиль местности по оси будущего железнодорожного пути.

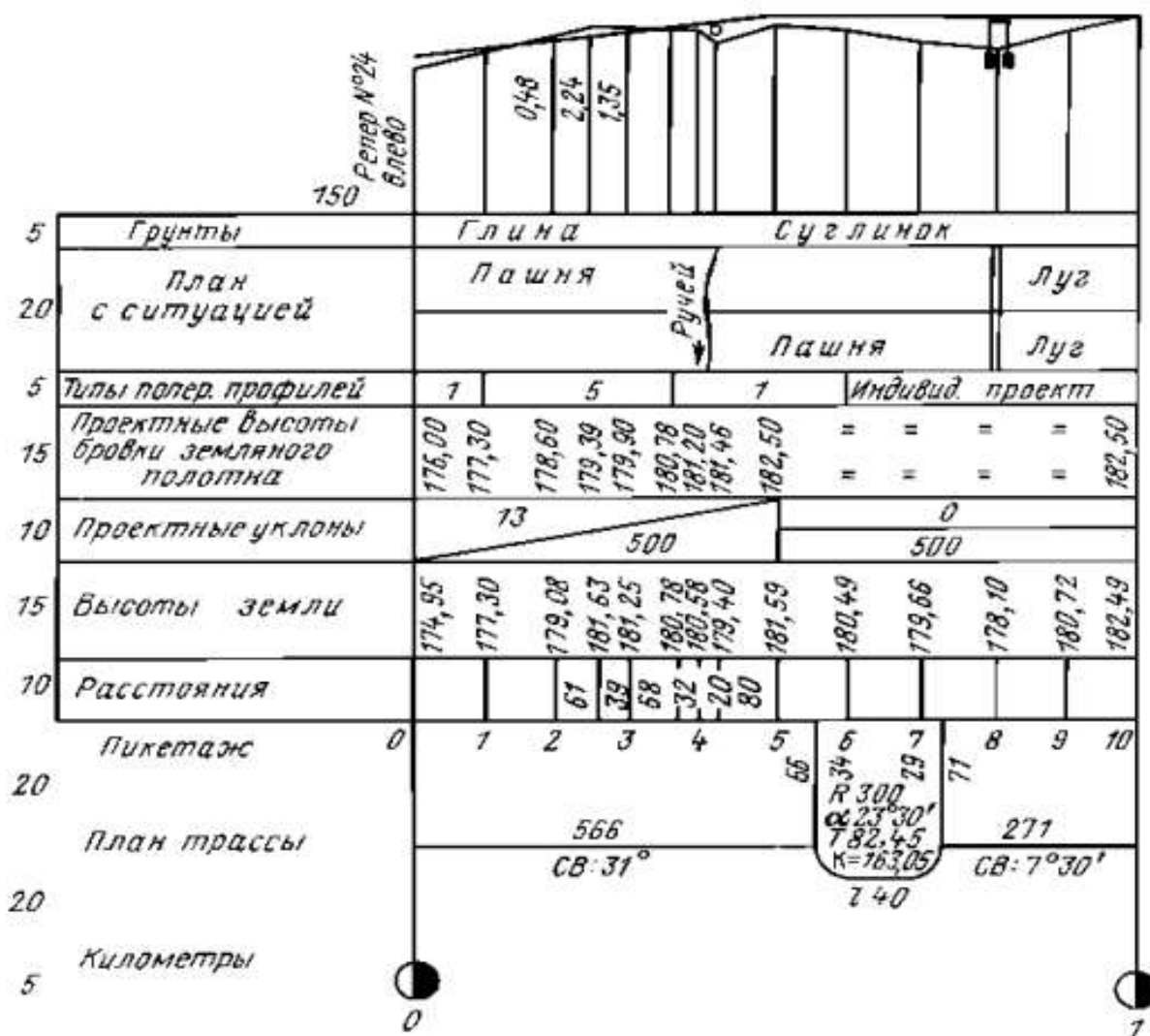


Рисунок 6 – Подробный продольный профиль

8. Проектирование по продольному профилю. Вычисление проектных высот и уклонов

После составления продольного профиля поверхности земли по трассе проектируют линию бровки земляного полотна. Построение проектной линии (профиля бровки земляного полотна) производят на основании технических условий (ТУ) согласно строительным нормам и правилам (СНиП).

Проектная линия состоит из сочетания различной протяженности горизонтальных и наклонных линий — площадок, спусков, подъемов.

Крутизна спусков и подъемов характеризуется величиной проектного уклона i .

Точки, в которых заканчивается один уклон и начинается другой, называют точками перелома профиля. Расстояния между точками перелома профиля называют элементами продольного профиля. Наибольшая величина проектных уклонов, как и длина элементов проектирования, определяется техническими условиями проектирования железных дорог. Следовательно, для нанесения проектной линии на профиль необходимо знать максимальную величину проектного уклона и его протяженность, начальную высоту точки нулевого пикета — примыкания трассы к существующему железнодорожному пути, примерные величины рабочих высот проектной линии для обеспечения земляных работ и другие данные.

Проектный уклон i вычисляют по формуле

$$i = (H_k - H_n) / d, \quad (42)$$

где H_k — проектная высота в конце элемента, м;

H_n — проектная высота в начале элемента, м;

D — протяженность элемента, м.

Проектные высоты вычисляют по формуле

$$H_p = H_{n-1} + i \times d, \quad (43)$$

где H_{n-1} — проектная высота предыдущей точки, м;

i — уклон элемента, ‰ ;

d — протяженность элемента, м.

Проектная высота последующей точки равна проектной высоте предыдущей точки плюс произведение уклона элемента на его протяженность.

Рабочая высота h_r показывает глубину выемки или высоту насыпи

$$h_r = H_{пр} - H_{зем}, \quad (44)$$

где $H_{пр}$ — проектная отметка точки, м ;

$H_{зем}$ — отметка земли, м.

Рабочие высоты надписывают красным цветом над проектной линией, если знак ее (+)—насыпь, и под проектной линией, если знак (—)—выемка. Знаки рабочих высот не указывают. Если на продольном профиле проектная

линия пересекается с линией поверхности земли, рабочая высота в точке пересечения равна нулю. Такие точки называются нулевыми или точками нулевых работ.

Черным цветом обводят все существующие пикеты, расстояния, ситуацию, профиль земли и высоты ее, все линии профильной сетки, кроме трех, ограничивающих графы: проектную линию, проектные уклоны, проектные высоты, которые обводят красным цветом.

Красным цветом показывают проектируемый план трассы и все надписи на нем, проектную линию, проектные уклоны и высоты, условные знаки на проектной линии.

Синим цветом — горизонты вод у искусственных сооружений и их высоты, высоты точек нулевых работ.

9. Составление поперечных профилей

Поперечные профили составляют по данным журнала нивелирования поперечников в масштабах: горизонтальном 1:1000, вертикальном 1:100. Составляют поперечные профили в такой же последовательности, что и продольные. На профильной сетке указывают высоты характерных точек поверхности земли, поперечников, включая высоты точки, на которых он разбит, расстояния между этими точками вправо и влево от трассы. Откладывают в масштабе 1:100 ординаты вверх от горизонтальной линии, которой придают условную высоту, например 175,0 (Рисунок 7).

Полученные точки соединяют ломаной линией, которая и будет изображать поперечный профиль, разбитый в определенной точке трассы, например на ПКЗ. При проектировании поперечных профилей земляного полотна (насыпей или выемок) поперечные профили строят в одинаковом вертикальном и горизонтальном масштабах 1:100 или 1:200. Изображения выемок или насыпей при этом получаются неискаженными, что позволяет геометрическим способом определить площади их поперечных сечений.

Такие вычисления необходимы для подсчета объемов земляных работ на трассе. Принцип обводки поперечных профилей в цвете тот же, что и для продольных профилей: черным цветом обводят линии, высоты точек и расстояния существующие, красным — все проектируемые.

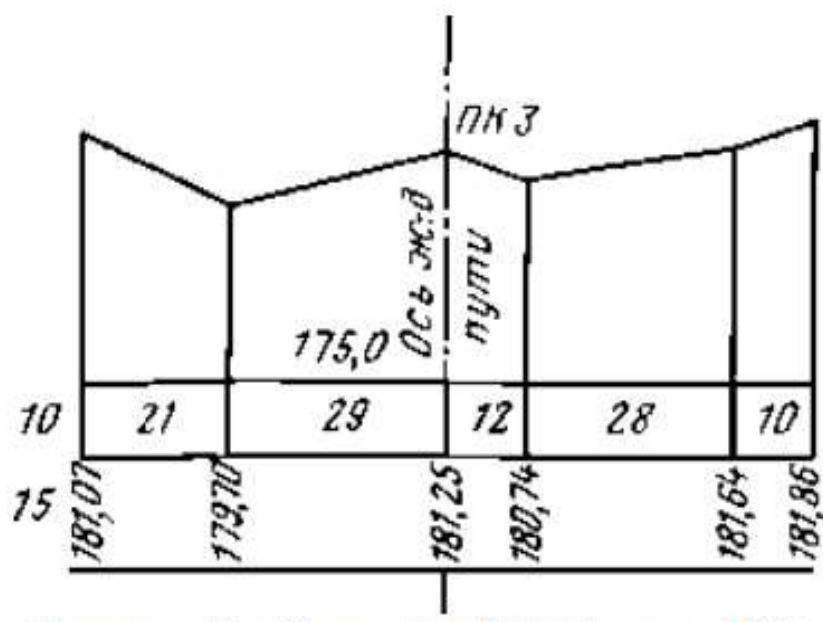


Рисунок 7 – Поперечный профиль на ПК3

Вывод: _____

Перечень используемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература:

1. Табаков, А.А. Геодезия [Электронный ресурс]: учебное пособие для специальности 08.02.10 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» / А.А. Табаков. – Москва: ФГБУ ДПО «Учебно методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2020. – 140 с. – ISBN 978-5-907206-11-3. – Режим доступа: <https://umczdt.ru/books/35/242192/> по паролю.

2. Киселев, М.И. Геодезия [Текст]: учебник для учреждений среднего профессионального образования / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. - 14-е изд., стер. - Москва: Академия, 2018 г. - 384 с.

3. Дьяков, Б. Н. Геодезия [Электронный ресурс]: учебник / Б. Н. Дьяков. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-3012-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102589>. — Режим доступа: для авториз.пользователей по паролю.

4. Дьяков, Б. Н. Геодезия [Электронный ресурс]: учебник / Б. Н. Дьяков. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-3012-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111205>. — Режим доступа: для авториз.пользователей по паролю.

5. Дьяков, Б. Н. Геодезия [Электронный ресурс]: учебник / Б. Н. Дьяков. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-5331-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139258>. — Режим доступа: для авториз.пользователей по паролю.

6. Зеленская, Л.И. ОП 07 Геодезия. МП "Организация самостоятельной работы" [Электронный ресурс]: методическое пособие / Л.И. Зеленская. — Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. — 80 с. — Режим доступа: <https://umczdt.ru/books/35/127681/> по паролю.

Электронные ресурсы:

7. ЭБС УМЦ ЖДТ - <http://umczdt.ru/>