

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВПО
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Географический факультет
Кафедра геодезии и геоинформатики

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания
по выполнению контрольных работ



Ижевск
2014

УДК 528.48

ББК 62

И 62

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензент: канд . геогр. наук, доцент А. А. Перовщиков

Составители: доцент **И. М. Копанева**, ст. преподаватель **Е. А. Рублева**

И 62 Инженерная геодезия: методические указания по выполнению контрольных работ / Сост. И. М. Копанева, Е. А. Рублева – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2014. – 88 с.

Методические указания, подготовлены в соответствии с утвержденной программой курса «Инженерная геодезия». Содержат программу курса, примеры расчетно-графических работ с подробными указаниями к самостоятельной работе, примерную тематику курсовых работ.

Предназначены для студентов бакалавриата направления «Картография и геоинформатика».

УДК 528.48

ББК 62

© Сост.: И. М. Копанева, Е. А. Рублева, 2014

© ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ПРОГРАММА КУРСА	5
СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГОКУРСА	6
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ.....	9
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1. РАЗГРАФКА И НОМЕНКЛА ТУРА	9
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬ- НОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ	16
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 3. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ПРЯМЫХ И КРИВЫХ НА ПРОФИЛЕ	27
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ САМОТЕЧНОГО ТРУБОПРОВОДА.....	33
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 5. ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКТНОГО РЕЛЬЕФА	39
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ	46
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 7. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАКЛОННОЙ ПЛОЩАДКИ	52
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 8. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ТОПОГРА- ФИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ.....	58
ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ	85
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	86
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	87

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания, дополненные и исправленные, по выполнению контрольных работ инженерной геодезии предназначены для студентов бакалавриата как очной, так и заочной форм обучения направления «Картография и геоинформатика».

Инженерная геодезия является дисциплиной, изучающей земную поверхность и решающей геодезические задачи проектно-строительного направления.

Студентам для последующей профессиональной деятельности важно получить навыки в решении прикладных задач при проектировании и строительстве различных сооружений.

Цель курса – усвоение студентами теории и самостоятельное решение расчетно-графических геодезических работ по подобию контрольных работ в данном методическом указании.

Основными задачами - геодезии являются:

- ✓ изучение теории измерений, вычислений и уравнивания геодезических данных;
- ✓ применение теории в практических целях при обработке измерений;
- ✓ уравнивания нивелирных, теодолитных ходов;
- ✓ вычисления в различных прикладных задачах;
- ✓ создание плана, профиля с учетом условных топографических знаков.

Распределение часов по курсу: лекции 34 часа, лабораторных 17 часов, самостоятельная работа 32 часа. Форма итогового контроля экзамен.

ПРОГРАММА КУРСА

№	Тема	Лек- ции час	Лабо- рато- рные час
1	Введение.	2	
2	Инженерно-геодезические изыскания.	2	
3	Инженерно-геодезическое проектирование.	4	4
4	Геометрия зданий и сооружений	2	
5	Геодезические разбивочные работы.	2	2
6	Исполнительные съёмки.	2	2
7	Геодезическая исполнительная документация.	1	2
8	Геодезические наблюдения за смещениями и деформациями инженерных сооружений.	2	1
9	Геодезические работы в промышленном, гражданском, сельскохозяйственном и теплоэнергетическом строительстве.	2	2
10	Геодезические работы при строительстве водопровода, канализации и систем теплогасоснабжения.	3	2
11	Инженерно-геодезические работы при гидротехническом строительстве.	2	
12	Геодезические работы в градостроительстве.	6	2
13	Стандартизация и контроль качества строительных работ.	2	
14	Охрана труда и техника безопасности при производстве инженерно-геодезических работ.	2	
	Итого	34	17

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

1. Введение. Предмет, цели и задачи курса. Связь курса с другими науками.
2. Инженерно-геодезические изыскания. Виды и задачи инженерно-геодезических изысканий. Масштабы и виды выполняемых при изысканиях съёмок. Изыскания сооружений линейного типа. Разбивка круговых кривых и вынос пикета на кривую. Детальная разбивка круговых кривых.
3. Инженерно-геодезическое проектирование. Проект производства геодезических работ. Проектирование продольного и поперечного профилей автомобильной дороги. Вертикальные кривые. Вертикальная планировка. Геодезическая строительная сетка.
4. Геометрия зданий и сооружений. Объёмно-планировочные и конструктивные решения. Проектная документация и геометрические размеры на чертежах. Исходные данные и чертежи для разбивочных работ. Строительный генеральный план.
5. Геодезические разбивочные работы. Принципы и точность геодезических разбивочных работ. Теория размерных цепей. Элементы разбивочных работ. Способы разбивки инженерных сооружений.
6. Исполнительные съёмки. Методы и содержание исполнительных съёмок. Виды инженерных коммуникаций. Съёмка подземных коммуникаций.
7. Геодезическая исполнительная документация. Содержание и оформление документации. Документация по инженерным сетям, зданиям и сооружениям.
8. Геодезические наблюдения за смещениями и деформациями инженерных сооружений. Понятие о деформациях инженерных сооружений. Измерение горизонтальных смещений и осадок сооружений. Измерение крена сооружения. Фотограмметрические методы изучения деформаций инженерных сооружений.

9. Геодезические работы в промышленном, гражданском, сельскохозяйственном и теплоэнергетическом строительстве. Создание геодезической разбивочной основы на строительной площадке. Разбивка осей сооружений. Геодезические работы при сооружении котлованов и возведении фундаментов. Построение разбивочной основы на исходном горизонте. Передача осей и отметок на монтажные горизонты. Геодезические работы при монтаже колонн и укладке подкрановых балок. Геодезические работы при строительстве тепловых электростанций.

10. Геодезические работы при строительстве водопровода, канализации и систем теплогазоснабжения. Вынос на местность трасс подземных трубопроводов. Геодезические работы при прокладке подземных трубопроводов и строительстве инженерных сетей.

11. Инженерно-геодезические работы при гидротехническом строительстве. Изыскательские работы. геодезические работы при гидрологических и геологических изысканиях. Разбивка осей сооружений. Геодезические работы по переносу проекта сооружения на местность. Определение деформаций сооружений.

12. Геодезические работы в градостроительстве. Топографическая основа для разработки проектов планировки и застройки городов. Опорные геодезические сети на территориях городов. Съёмка застроенной территории. Дежурный план застройки города. Вынос в натуру красных линий и проекта вертикальной планировки. Применение способов фотограмметрии при архитектурных обмерах.

13. Стандартизация и контроль качества строительных работ. Нормативные документы. Лицензирование и сертификация геодезических работ. Методы контроля геометрических параметров сборных железобетонных, металлических и деревянных элементов.

14.Охрана труда и техника безопасности при производстве инженерно-геодезических работ. Основные требования техники безопасности. Правила безопасности при производстве инженерно-геодезических работ.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1. РАЗГРАФКА И НОМЕНКЛАТУРА

1.1. Разграфка и номенклатура топографических карт

Цель задания: освоить методику работы с разграфкой и номенклатурой топографических карт и приобрести навыки вычисления номенклатуры по заданным широте и долготе местности.

Пособия и принадлежности: рабочая тетрадь, микрокалькулятор и чертёжные принадлежности.

Номенклатурой называется система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется разграфкой.

В нашей стране принята международная система разграфки и номенклатуры топографических карт; ее основой является лист карты масштаба 1:1 000 000.

Вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером 6° по долготе и 4° по широте; каждая трапеция изображается на одном листе карты масштаба 1:1 000 000. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними параллелями, образуют ряды, которые обозначаются буквами латинского алфавита от А до V от экватора к северу и к югу. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними меридианами, образуют колонны. Колонны имеют порядковые номера от 1 до 60, начиная с меридиана 180° ; колонна листов карт, на которой изображена 1-я зона проекции Гаусса, имеет порядковый номер 31 (рис.1.).

Номенклатура листа карты миллионного масштаба составляется из буквы ряда и номера колонны, например, N-37.

Листы карты масштаба 1:500 000 получают делением листа миллионного масштаба на 4 части средним меридианом и средней параллелью.

Размеры листа - 3° по долготе и 2° по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:500 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-А.

Листы карты масштаба 1:200 000 получают делением листа миллионного масштаба на 36 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 1° по долготе и 40' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:200 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа римскую цифру от I до XXXVI, например, N-37-XXIV.

Листы карты масштаба 1:100 000 получают делением листа миллионного масштаба на 144 части меридианами и параллелями. Размеры листа - 30' по долготе и 20' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа слева числа от 1 до 144, например, N-37-144.

Листы карты масштаба 1:50 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 15' по долготе и 10' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:100 000 справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-144-А.

Листы карты масштаба 1:25 000 получают делением листа масштаба 1:50 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 7'30" по долготе и 5' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:50 000 справа строчную букву русского алфавита а, б, в, г, например, N-37-144-А-а.

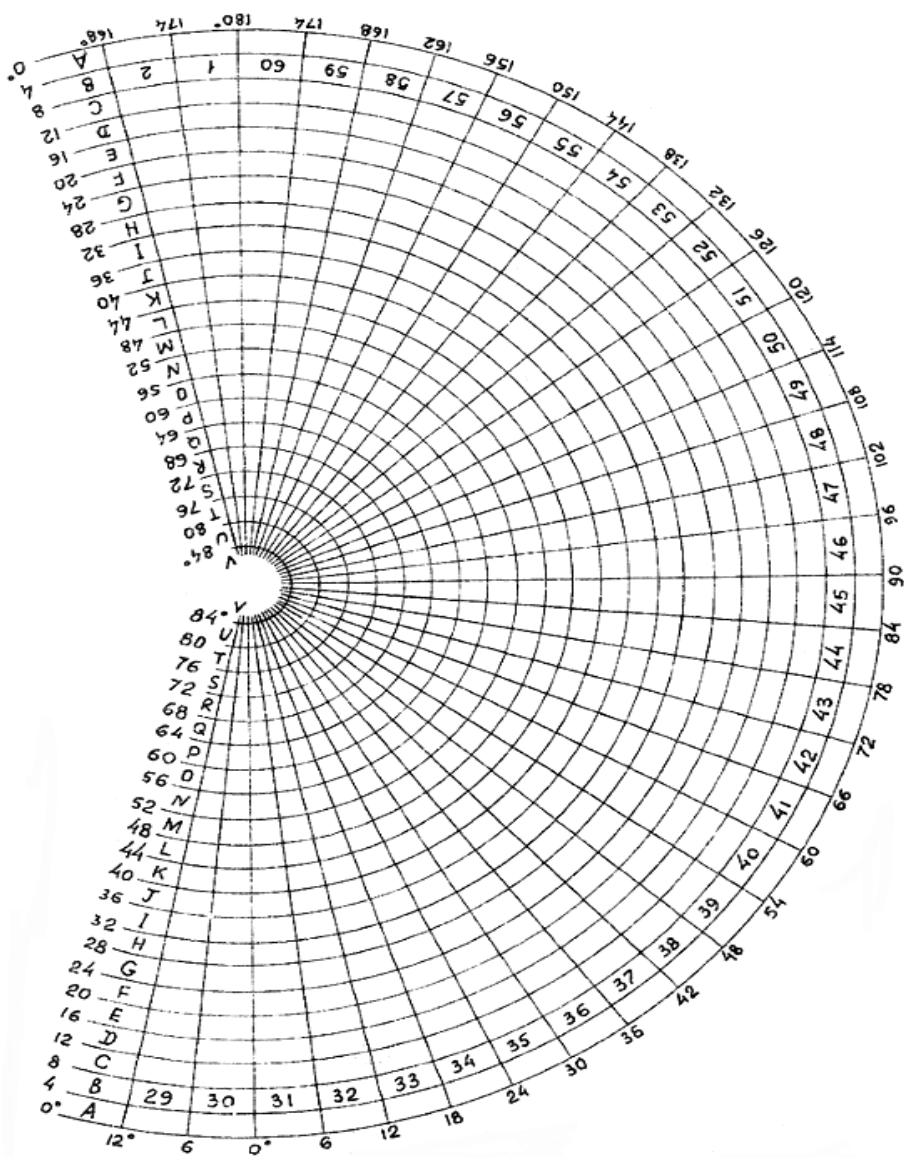


Рис.1. Схема расположения листов карты масштаба 1: 1 000 000

Листы карты масштаба 1:10 000 получают делением листа масштаба 1:25 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 3'45" по долготе и 2'30" по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:25 000 справа цифру от 1 до 4, например, N-37-144-A-a-1.

Сводная схема разграфки и номенклатуры топографических карт показана на рис.2.

Севернее 60-й параллели листы карт издаются сдвоенными по долготе, севернее 76-й параллели - счетверенными.

1.2. Разграфка и номенклатура крупномасштабных планов

Цель задания: освоить методику работы с разграфкой и номенклатурой топографических планов и приобрести навыки вычисления.

Пособия и принадлежности: рабочая тетрадь, микрокалькулятор и чертёжные принадлежности.

Для планов масштабов 1:5000 и 1:2000, создаваемых на участке незастроенной территории площадью более 20 км², в основу разграфки положен лист карты масштаба 1:100 000, т.е. применяется государственная система разграфки и номенклатуры. Листы планов создаются в трехградусных зонах; сетка прямоугольных координат строится в виде квадратов 10 x 10 см.

Листы планов масштаба 1:5 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 256 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 1'52.5" по долготе и 1'15" по широте.

Номенклатуру листа плана масштаба 1:5 000 получают, добавляя к номенклатуре листа карты 1:100 000 справа в скобках число от 1 до 256, например, N-37-144-(256).

Листы планов масштаба 1:2 000 получают делением листа масштаба 1:5 000 на 9 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 37.5" по длине и 25" по широте. Номенклатуру листа плана масштаба 1:2 000 получают, добавляя к номенклатуре листа плана 1:5 000 справа в скобках строчную букву русского алфавита от а до и, например, N-37-144-(256-и).

Для топографических планов, создаваемых на территории городов и на участки незастроенной территории площадью менее 20 км², применяется прямоугольная разграфка. За ее основу принимается лист плана масштаба 1:5000; листы плана масштаба 1:5000 нумеруются на участке съемки порядковыми номерами от I и далее.

Лист плана масштаба 1:5000 делится на 4 части и получают листы плана масштаба 1:2000, которые обозначаются русскими заглавными буквами, например, 5-Г. Лист плана масштаба 1:2000 делится на 4 листа масштаба 1:1000 или на 16 листов масштаба 1:500. Листы плана масштаба 1:1000 обозначаются римскими цифрами от I до IV, например, 5-Г-IV; листы плана масштаба 1:500 обозначаются арабскими числами от 1 до 16, например, 5-Г-16.

Размеры листа плана масштаба 1:5000 - 40 x 40 см; размеры листа плана масштабов 1:2000, 1:1000, 1:500 - 50 x 50 см.

На одном листе плана масштаба 1:5000 изображается участок местности площадью 4 км² (400 га), на листе плана масштаба 1:2000 - 1 км² (100 га), на листе плана масштаба 1:1000 - 25 га, на листе плана масштаба 1:500 - 6.25 га. Схема разграфки и номенклатуры крупномасштабных планов показана на рис.3.

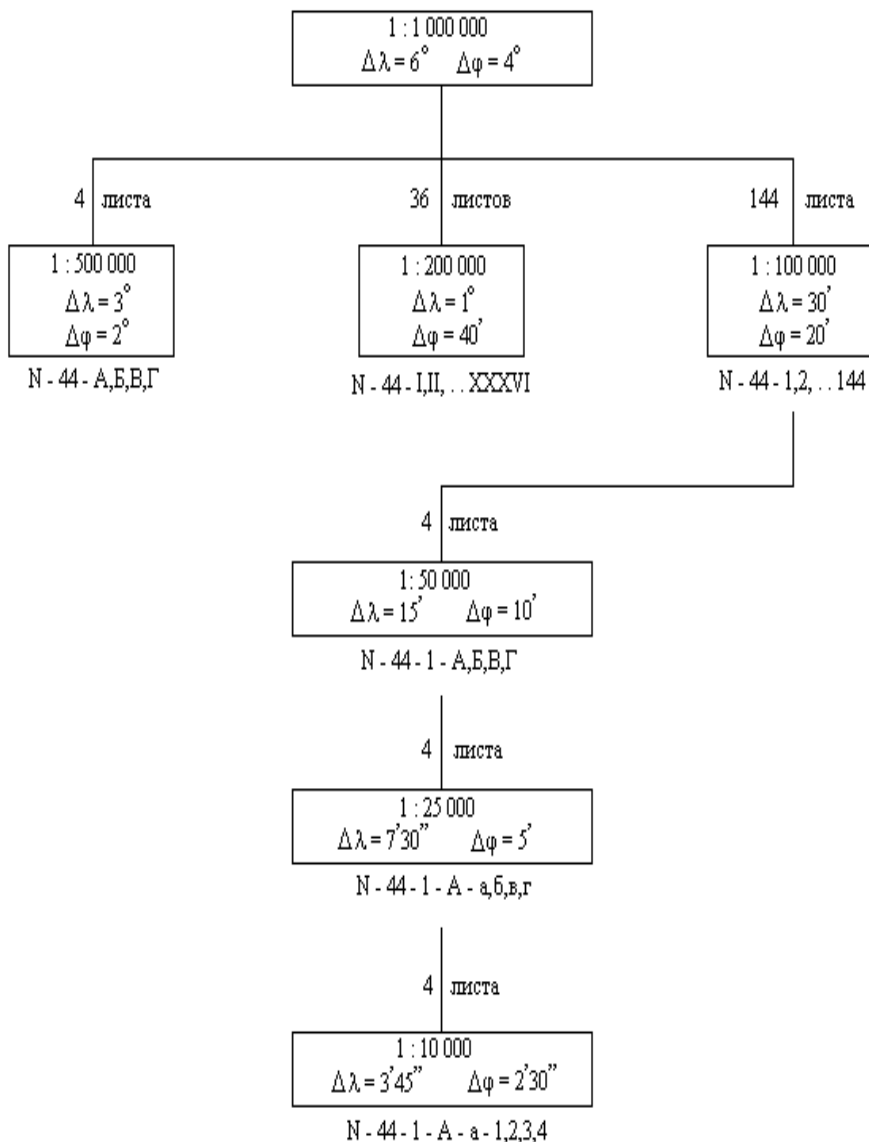
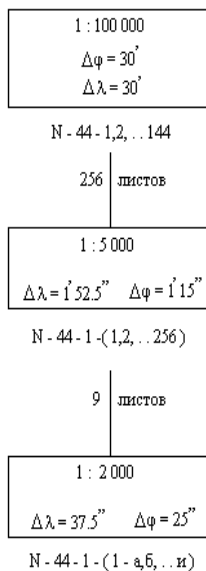


Рис.2. Сводная схема разграфки и номенклатуры топографических карт

Государственная разграфка



Прямоугольная разграфка

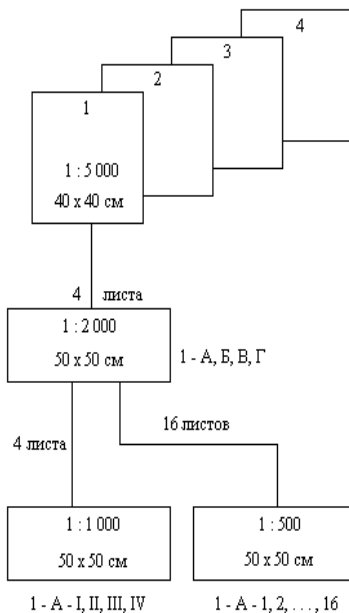


Рис.3. Схема разграфки и номенклатуры крупномасштабных планов

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ

Цель задания: освоить методику обработки материалов полевого трассирования и приобрести навыки оформления геодезических материалов по изысканию трасс линейных сооружений.

Пособия и принадлежности: лист миллиметровой бумаги размером 210×40 см, рабочая тетрадь, микрокалькулятор и чертёжные принадлежности.

Построение профилей трассы производится на основе материалов полевых изысканий: пикетного журнала, журнала нивелирования точек трассы.

В процессе изысканий выбранный вариант трассы дороги переносят на местность. При этом отыскивают и закрепляют вершины углов поворота. Одновременно с измерением линий ведётся разбивка пикетажа: от начала трассы, обозначаемого пикетом нуль (ПК0), через каждые 100 м отмечают точки (пикеты ПК1, ПК2 и т. д.), которые закрепляют кольями со сторожками. Кроме пикетов в характерных местах перегиба рельефа кольями закрепляют так называемые плюсовые точки. Они обозначаются числом метров от ближайшего заднего пикета (например ПК0 + 32).

С целью уточнения объёмов земляных работ, в местах, где поперечный уклон превышает 0,1 (6°), разбивают поперечные высотные створы для получения поперечных профилей трассы. Поперечные створы разбивают как правило перпендикулярно продольной оси трассы. Расстояние между створами и их длина зависят от характера рельефа и типа линейного сооружения.

При разбивке ведётся пикетный журнал, в который заносятся элементы ситуации, контуры и показываются направления скатов прилегающей к трассе

местности (рис 4). Журнал ведётся в установленном масштабе на специально разлинованной или миллиметровой бумаге. Посредине каждой страницы журнала снизу вверх проводится ось трассы, к которой привязываются контуры местности. Привязка производится методом прямоугольных координат и створов.

После восстановления трассы пикеты, плюсовые точки и поперечные створы нивелируются. Нивелирный ход прокладывается по точкам трассы и привязывается к реперам государственной сети, местоположение и вид которых также фиксируется в пикетажном журнале.

По результатам нивелирования вычисляют высотные отметки точек трассы. Отметки используют для построения продольного и поперечных профилей. В табл. 1 приведены отметки реперов, пикетных точек и точек поперечного створа по трассе, соединяющей Бетонный завод с Песчаным карьером.

Задание. По данным табл. 1 построить продольный и поперечный профили трассы.

Масштабы построений профилей зависят от типа сооружения, характера рельефа местности и других обстоятельств. В данном случае для построения продольного профиля выбран горизонтальный масштаб 1:2 000 и вертикальный – 1:200.

Отметки реперов, точек трассы и поперечного профиля

Название точки	Отметка, м	Название точки	Отметка, м
Репер №1	110,322	ПК4+60	105,015
ПК0	109,531	ПК5	105,892
+52	108,924	ПК6	105,610
ПК1	109,089	Репер №2	105,961
ПК2	104,333	Поперечный створ на ПК2	+77
+77	99,475	ПК2+77	99,475
ПК3	99,924	Вправо+12	98,964
+23	97,585	Вправо+20	99,593
+44	100,450	Влево+8	99,559
ПК4	101,803	Влево+20	101,016

Порядок выполнения задания

1. На листе миллиметровой бумаги производят разграфку сетки профиля в соответствии с рис. 5, соблюдая указанную ширину каждой графы. Верхняя линия профильной сетки, которая называется линией условного горизонта, должна совпадать с утолщённой жирной линией миллиметровой бумаги, а начинаться – от одной из утолщённых вертикальных линий.
2. По данным табл. 1 заполняют графу 5. Расстояния откладывают в масштабе 1:2000, фиксируя пикеты и плюсовые точки вертикальными отрезками. Здесь же подписывают расстояния между соседними точками

профиля, а внизу – под нижней линией графы, которая называется линией пикетажа – значения целых пикетов. Если между пикетами нет плюсовых точек, то расстояние 100 м не подписывают. Очевидно, что сумма расстояний, записанных между соседними пикетами должна составлять 100 м.

3. Заполняют графу 4. В неё вписывают значения отметок точек трассы из табл. 1, округляя их при этом до 0,01 м.
4. По фактическим отметкам находят точки профиля. Для этого фактические отметки откладывают по вертикали вверх от линии условного горизонта. При этом отметка линии условного горизонта должна быть кратна 10 и выбираться с таким расчётом, чтобы самая нижняя точка профиля находилась от неё на расстоянии не менее 6-8 см. для удобства построений слева на профиле можно нанести вспомогательную шкалу отметок, подписав их, начиная от линии условного горизонта. Найденные точки профиля соединяют прямыми линиями. От этих точек до линии условного горизонта проводят вертикали.
5. Посредине графы 1 проводят ось трассы. По данным пикетажного журнала строят план прилегающей к трассе местности в масштабе 1:2000. При этом наносят элементы ситуации, углы поворота трассы, отмечают контуры угодий (вместо условного обозначения записывают их названия).

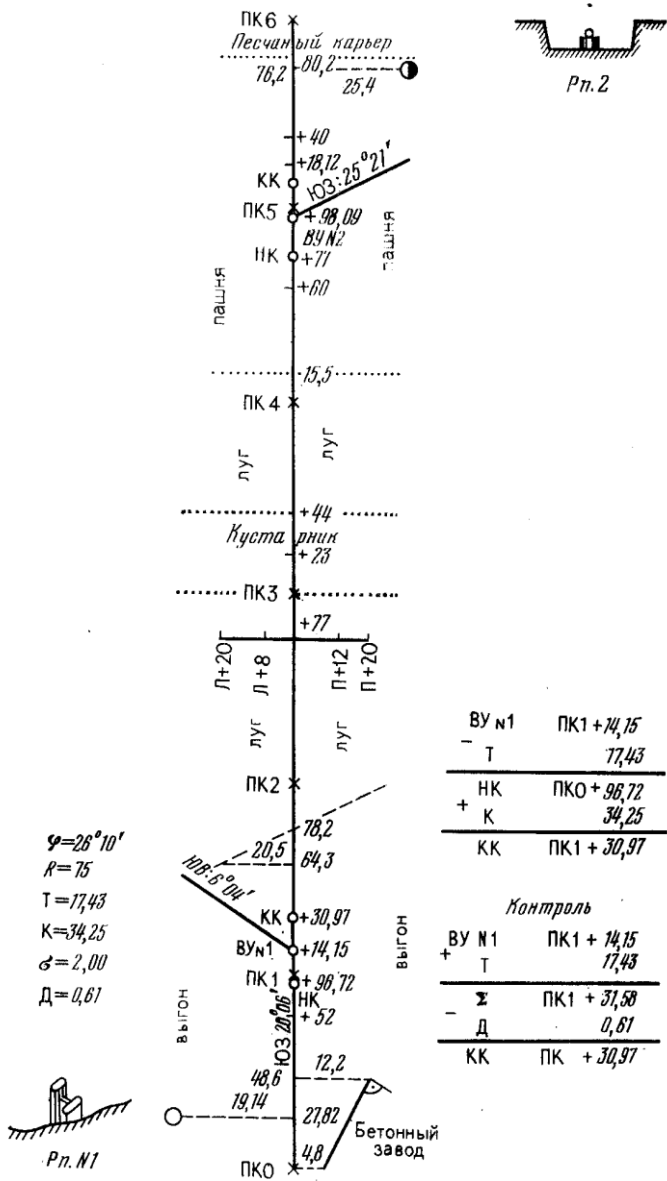


Рис. 4. Пикетажный журнал

6. В 1,5 см над линией профиля обозначают положение реперов относительно трассы, их номера и отметки.

7. Справа от продольного профиля или на отдельном листе строят поперечный профиль в горизонтальном и вертикальном масштабах 1:200 (рис. 6). Здесь заполняют две графы сетки 4 и 5: фактических отметок и расстояний между точками поперечного створа. Отметка линии условного горизонта совпадает с её отметкой на продольном профиле. Правила построения поперечного профиля те же, что и продольного.

Геодезические расчёты при проектировании трассы автодороги

Цель задания: освоить элементы проектирования линейных сооружений (расчёт уклонов, проектных и рабочих отметок, точек нулевых работ).

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, карандаш, линейка, шариковая ручка или карандаш красного цвета.

Проектирование положения трассы автодороги заключается в нанесении на продольный профиль проектной линии будущей трассы. Положение проектной линии определяются следующими основными требованиями:

- земляные работы должны быть, по возможности, минимальны и сбалансированы (объёмы грунта, взятого из выемок, должны соответствовать объёмам грунта, необходимого для насыпей);

- продольные уклоны трассы не должны превышать наперёд заданной величины, зависящей от категории дороги;

- исходными проектными отметками служат отметки точек примыкания трассы к существующим или проектируемым сооружениям (мостовым переходам, автодорогам и другим объектам).

В приведённом примере проектируемая дорога относится к категории дорог местного значения. Предельно допустимый уклон на дорогах этой

категории составляет 0,060 или 60‰ (промилей). Уклоны при проектировании обычно выражают в целых тысячных долях – промилях. В учебных целях значение предельно допустимого уклона следует уменьшить, выбрав его равным 30%. Первоначальная отметка в нашем примере может быть взята близкой к отметке территории Бетонного завода.

С учётом отмеченных технических условий было запроектировано следующее расположение проектной линии трассы на построенном ранее продольном профиле (см. рис. 5):

- участок с уклоном $i_1 = -0,030$ длиной 260 м от ПК0 до ПК2+60 с начальной отметкой 110,03 м (фактическая отметка ПК0 плюс высота насыпи 0,50 м);

- горизонтальный участок с $i_2 = 0$ длиной 120 м (ПК2+60-ПК3+80);

- участок с уклоном $i_3 = +0,023$ длиной 220 м (ПК3+80-ПК6).

Для стока дождевых и талых вод в насыпи на ПК3+23 запроектировано сквозное отверстие.

Нанесение проектной линии на профиль производится в следующем порядке.

1. В графе 3 в точках перелома проектной линии ПК0, ПК2+60, ПК3+80, ПК6 прочерчивают вертикальные линии. Слева и справа вдоль каждой линии записывают расстояния до ближайших пикетов. В образовавшихся в графе 3 вытянутых прямоугольниках проводят диагонали, характеризующие положительное или отрицательное направление уклонов, или горизонтальную черту на горизонтальном отрезке трассы (см. рис. 5).

Над диагоналями и горизонтальной чертой записывают значения уклонов в тысячных, а под ними – расстояния в метрах, на которые действуют записанные уклоны.

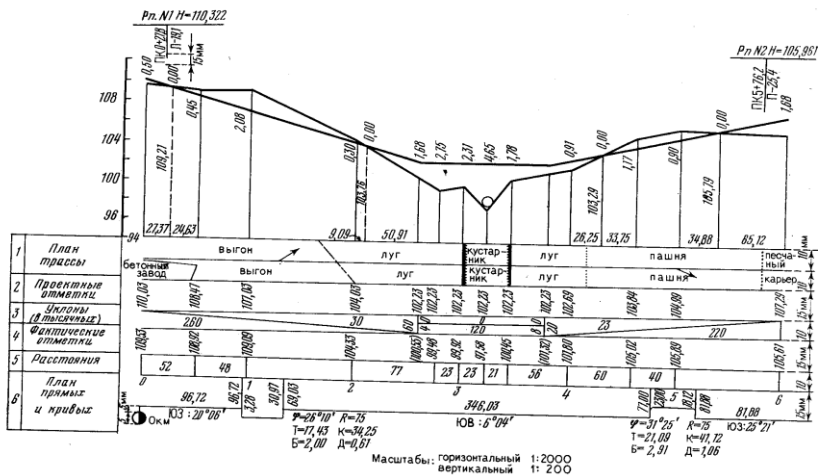


Рис. 5. Построение продольного профиля

2. Вычисляют проектные отметки точек перелома проектной линии. В начале трассы записывают проектную отметку, равную 110,03 м. Отметки остальных точек определяют по формуле:

$$H_n^п = H_{n-1}^п + i_n d, \quad (1)$$

где $H_n^п$ – определяемая проектная отметка текущей точки; $H_{n-1}^п$ – проектная отметка предыдущей точки; i_n – проектный уклон; d – горизонтальное расстояние между точками n и $n-1$.

Вычисленные проектные отметки, округленные до 0,01 м, записывают в графу 2. По вычисленным проектным отметкам точек переломов наносят на профиль проектную линию.

3. По формуле (1) вычисляют проектные отметки всех пикетов и плюсовых точек профиля. Полученные отметки округляют до 0,01 м и записывают в графу 2. Для контроля правильности вычисления проектных отметок их

следует отложить на профиле. При этом они должны точно попасть на проектную линию, проведённую ранее.

4. Вычисляют фактические отметки точек ПК2+60 и ПК3+80, которые нивелированием на местности не определялись. Для этого вычисляют уклон ската между ближайшими к каждой из них передней и задней точками профиля:

$$i = h/d,$$

где h – разность фактических отметок передней и задней точек на профиле, d – расстояние между этими точками.

По вычисленному уклону и расстоянию до ближайшей задней точки профиля находят искомую отметку. Например, точка ПК2+60 расположена между точками ПК2 и ПК2+77. Уклон между ними составляет: $i = (99,48 - 104,33)/77 = -0,063$. Следовательно, фактическая отметка точки ПК2+60 будет равна: $H_{\text{ПК2+60}} = 104,33 - 0,063 \cdot 60 = 100,55$ м.

Таким же образом находят отметку точки ПК3+80. Полученные отметки записывают в скобках в графе 4 (см. рис. 5).

5. На каждом пикете и плюсовой точке профиля вычисляют рабочие отметки (высоты насыпей и глубины выемок) как разность проектных и фактических отметок. Рабочие отметки выписывают на профиле над проектной линией на насыпях и под проектной линией на выемках.

Точки пересечения линии профиля с проектной линией называются точками нулевых работ. Над ними записывают рабочие отметки (0,00). Из точек нулевых работ восстанавливают перпендикуляры на линию условного горизонта и вычисляют горизонтальные расстояния до них от ближайших пикетов или плюсовых точек профиля.

Для вычислений используют формулы:

$$x = ad / (a + b); \quad y = bd / (a + b)$$

где x – расстояние от ближайшей задней точки профиля до точки нулевых работ; y – расстояние от ближайшей передней точки профиля до точки нулевых работ; a и b - рабочие отметки на ближайших задней и передней точках профиля соответственно. Контролем правильности вычислений служит выполнение равенства:

$$x + y = d$$

где d – расстояние между передней и задней точками профиля.

Например, расстояния до точки нулевых работ, расположенной между ПК0 и ПК0+52 будут равны:

$$x = (0,50 * 52) / (0,50 + 0,45) = 27,37 \text{ м};$$

$$y = (0,45 * 52) / (0,50 + 0,45) = 24,63 \text{ м};$$

$$d = x + y = 27,37 + 24,63 = 52 \text{ м}$$

Значения x и y выписывают над линией условного горизонта.

6. После того как будут вычислены все величины x и y по формуле (1) находят проектные отметки точек нулевых работ. Значения этих отметок записывают вдоль перпендикуляров, восстановленных из точек нулевых работ до линии условного горизонта.

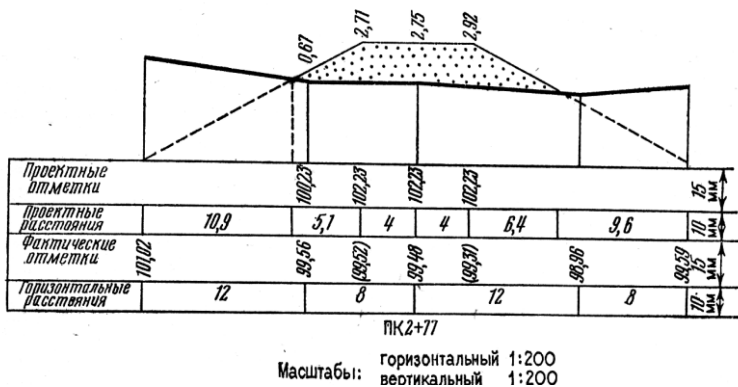


Рис. 6. Поперечный профиль

7. Наносят на поперечный профиль очертания дорожного полотна.

8. Для этого на поперечном профиле (см. рис. 6) в точке ПК2+77 откладывают значение проектной отметки, взятое с продольного профиля: 102,23 м. на этой отметке проводят горизонтальную линию, на которой в обе стороны от оси прокладывают по половине ширины будущего дорожного полотна. В примере обе стороны отложено по метру. Затем от концов горизонтальной площадки проводят наклонные линии с учётом крутизны скатов проектируемого полотна до пересечения с поверхностью земли. В примере крутизна скатов характеризуется отношением 1:2.

По методам, изложенным выше, вычисляют расстояния от оси трассы до пересечения откосов с поверхностью земли и рабочие отметки, которые записывают на профиле в соответствии с рис. 6.

При построении профилей трассы автодороги исходные данные вычерчивают чёрным цветом, проектные – красным.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 3.
ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ПРЯМЫХ И КРИВЫХ НА ПРОФИЛЕ

Цель задания: освоить методику обработки материалов по разбивке главных точек круговых кривых на трассе и построению плана кривых на профиле.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, чертёжные принадлежности.

При строительстве дорог в местах поворота трассы вписывают круговые кривые. Такая кривая и её элементы показаны на рис. 7. Точку *A* называют началом кривой *НК*, точку *M* – серединой кривой *СК* и точку *C* – концом кривой *КК*. Эти три точки называют главными точками кривой.

Радиус кривой *R* выбирают при проектировании строительства в

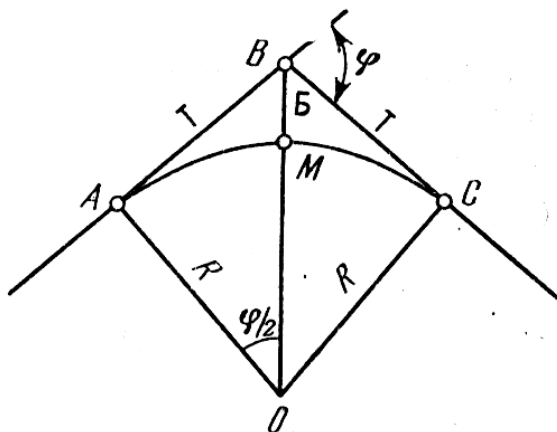


Рис. 7. Элементы круговой кривой

зависимости от вида сооружения (автодорога, железная дорога и т. п.) и класса сооружения (местного, республиканского или государственного значения).

По радиусу кривой R и углу поворота трассы φ вычисляют остальные элементы кривой.

Длины касательных AB и BC называют *тангенсом*, обозначают через T и вычисляют по формуле:

$$T = R \operatorname{tg} \varphi/2 \quad (2)$$

Отрезок BM от вершины угла поворота до середины кривой называют *биссектрисой*, обозначают через B и вычисляют по формуле:

$$B = R (\sec \varphi/2 - 1) \quad (3)$$

Дугу AMC называют *кривой*, обозначают через K и вычисляют по формуле:

$$K = R\pi\varphi/180^\circ \quad (4)$$

где φ – угол поворота трассы, выраженный в градусах.

Разность пути по касательным ABC и кривой AMC называют *домером*. Его обозначают через D и вычисляют по формуле:

$$D = 2T - K \quad (5)$$

Вычисление элементов круговых кривых обычно производят на микрокалькуляторе. Исходные значения радиуса кривой R , угла поворота φ и пикетного наименования его вершины следует выбрать из табл.4. в соответствии с номером варианта.

**Исходные данные для вычисления элементов круговой кривой и
пикетажа её основных точек**

Вариант	R, м	φ	Пикетаж ВУ 1	Вариант	R, м	φ	Пикетаж ВУ 1
1	75	31°19'	1 + 17,04	16	100	32°05'	1 + 24,77
2	75	32 05	17,58	17	100	32 40	25,33
3	75	32 51	18,13	18	100	33 14	25,86
4	75	33 37	18,68	19	100	33 48	26,40
5	75	34 23	19,22	20	100	34 23	26,96
6	100	26 21	19,43	21	125	27 58	27,15
7	100	26 56	19,97	22	125	28 25	27,67
8	100	27 30	20,49	23	125	28 53	28,21
9	100	28 04	21,01	24	125	29 20	28,74
10	100	28 39	21,56	25	125	29 48	29,28
11	100	29 13	22,08	26	125	30 15	29,79
12	100	29 48	22,63	27	125	30 43	30,35
13	100	30 22	23,16	28	125	31 10	30,88
14	100	30 56	23,69	29	125	31 38	31,43
15	100	31 31	1 + 24,24	30	125	32 05	1 + 31,96

При отсутствии микрокалькулятора элементы круговой кривой выбирают из специальных таблиц. Правила нахождения элементов кривых для разных радиусов и углов поворота трассы подробно изложены в описаниях к таблицам. В нашем примере для значений $\varphi = 26^{\circ}10'$ и $R = 75$ элементы кривой

по таблице определяют так: на странице с 26° против значения $10'$ выбираем значения элементов кривой для радиуса $R = 1$ м: $T_1 = 0,232401$; $K_1 = 0,456964$; $B_1 = 0,026650$ и $D_1 = 0,008108$. Так как элементы круговой кривой пропорциональны радиусу кривой, то умножим T_1 , K_1 , B_1 и D_1 на радиус $R = 75$, получим:

$$T = R T_1 = 75 \cdot 0,232401 = 17,43 \text{ м};$$

$$K = R K_1 = 75 \cdot 0,456694 = 34,25 \text{ м};$$

$$B = R B_1 = 75 \cdot 0,026650 = 2,00 \text{ м};$$

$$D = R D_1 = 75 \cdot 0,008108 = 0,61 \text{ м}.$$

Вычисленные значения элементов кривой записывают в пикетажном журнале (см. рис. 4). Здесь же по значениям T , K , D и пикетажу вершины угла поворота вычисляют пикетажные обозначения главных точек кривой.

Для определения пикетажа в начале кривой (НК) от пикетажа вершины угла ВУ необходимо вычесть значение тангенса (рис. 7). Если к пикетажу НК прибавить длину кривой, то получим пикетаж в конце кривой КК.

Для контроля правильности вычислений к пикетажу вершины угла прибавим тангенс и вычтем домер. В результате должны снова получить пикетаж в конце кривой.

В нашем примере			Контроль		
ВУ 1	ПК 1	+14,15	ВУ 1	ПК 1	+14,15
-Т		17,43	+Т		17,43
<hr/>			<hr/>		
НК	ПК 0	+96,72		ПК 1	+31,58
+К		34,25	-Д		0,61
<hr/>			<hr/>		
КК	ПК 1	+30,97	КК	ПК 1	+30,97

Расхождения в пикетаже в конце кривой не должны превышать 1-2 см. Все вычисления выписывают в пикетный журнал (рис. 4).

По данным пикетажного журнала в графе 6 продольного профиля строят план прямых и кривых. Все построения и записи здесь, за исключением номеров пикетов, выполняют красным цветом. Посредине графы проводят прямую линию, обозначающую ось дороги. Рассчитанные пикетажные значения начала и конца каждой кривой откладывают в масштабе 1:2000 на линии пикетажа. Из найденных точек на среднюю линию восстанавливают перпендикуляры, вдоль которых с обеих сторон записывают расстояния до ближайших (заднего и переднего) пикетов.

Кривые на плане условно обозначают скобками, направленными выпуклостью вниз, если трасса поворачивает влево, и выпуклостью вверх, если трасса поворачивает вправо. Возле каждой кривой записывают значения всех шести характеризующих её элементов: ϕ , R , T , K , B , D .

На прямых участках трассы вычисляют и записывают их длину и румб или дирекционный угол. Исходными данными для вычисления длин прямых вставок служат пикетажные значения начала и конца кривых. Направления прямых вставок вычисляют по известному румбу или дирекционному углу первой прямой вставки и измеренным углам поворота трассы. Румб текущей прямой вставки равен румбу предыдущей плюс правый угол поворота трассы или минус левый угол поворота. Если при этом новый румб отрицателен или превышает 90° , то название его меняется, а для приведения в соответствие с названием величины румба при $r < 0$ отбрасывается знак минус, при $r > 0$ берётся значение $180^\circ - r$.

В графе 6 продольного профиля ведётся также километраж трассы, отмечаемый соответствующими условными обозначениями (рис. 5).

Задание 1. вычислить элементы круговой кривой по выбранным из табл.4 значениям φ и R .

Задание 2. Определить пикетажное наименование НК и КК по выбранному из табл. 4 значению пикетажного наименования ВУ 1. Выполнить контроль.

Задание 3. Заполнить строку «План прямых и кривых» на продольном профиле трассы.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 4.
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
САМОТЕЧНОГО ТРУБОПРОВОДА

Цель задания: научиться составлять профиль подземного трубопровода и выполнять геодезические расчёты.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, рабочая тетрадь, треугольник, линейка карандаши.

Трассирование подземных трубопроводов выполняют в камеральных условиях в одну стадию. Исходным материалом служат данные, полученные при изысканиях. В процессе геодезических изысканий составляют топографический план в масштабе $1:500 \div 1:2000$. На этом топографическом плане проектируют трассу трубопровода в плане и составляют продольный профиль. Трасса трубопровода, должна удовлетворять определённым техническим условиям.

Руководствуясь техническими условиями, в проектной организации выполняют расчёты, в результате которых получают основные параметры трубопровода: диаметр труб, проектные уклоны, расстояния между колодцами и т. п. В табл. 5 приведены примерные требования к трубопроводам различного назначения, которые могут быть использованы при выполнении учебных расчётно-графических работ по геодезии.

Примерные требования при проектировании подземных трубопроводов

Параметр	Вид трубопровода		
	Канализация	Водопрвод	Газопровод
Минимально допустимые расстояния в плане до фундаментов зданий, м:			
- до подземных силовых кабелей	3-5	5	2-10
- до электролиний высокого напряжения	0,5	0,5	1
- до теплопроводов	10	-	10
- до газопроводов	1,5	0,5	2-4
- до путей трамвайной или железной дороги	2-5	2-5	
- до бортового камня автодороги	4,5	4	7-10
- до стволов деревьев ценных пород	1,5	2	-
Минимальная глубина заложения относительно глубины сезонного промерзания грунта при диаметре труб d , мм:	2	1,5	1,5

300			
300 ÷ 600			
Минимальные уклоны самотечных трубопроводов в % при диаметре, мм:	Выше на	Ниже	От
150	0,3 м	на	поверхнос
200	Выше на	$d + 0,2$	ти
1250 и более	0,5 м	м	0,8-1,2 м
		Ниже	
		на	
	7	$0,75 d$	
	5		
	0,5		-
		-	-
		-	-
		-	-

На профиле показывают все колодцы и глубину их заложения от поверхности до лотка труб. Фактические высоты поверхности выписывают на профиль до см, а проектные высоты лотков труб для самотечных трубопроводов – до мм. Для напорных трубопроводов проектные высоты выписывают до см. проектные высоты лотков показывают до каждого колодца. При этом для перепадных колодцев дают две высоты: одну для лотка верхней, а другую для лотка нижней трубы (колодец 4).

В тех случаях, когда изменяется диаметр труб, так же подписывают две высоты (колодец 5). При этом в самотечных трубопроводах, при изменении диаметра труб перепад делается за счёт лотка.

Таким образом, при переходе с $d = 200$ мм на $d = 300$ мм (см. колодец 5) высота лотка верхней трубы – 137,915, а нижней – 137,815, следовательно

перепад высот равен разности диаметров труб – 100 мм. На плане трассы показывают ситуацию, углы поворота и номера колодцев.

Задание 1. Построить профиль самотечной канализации.

Задание 2. Вычислить разности высот (превышения) между проектируемым трубопроводом и существующими коммуникациями.

Пояснения к заданию. В качестве исходного материала для составления профиля используют топографический план масштаба 1:500, на котором нанесено положение трассы со всеми колодцами.

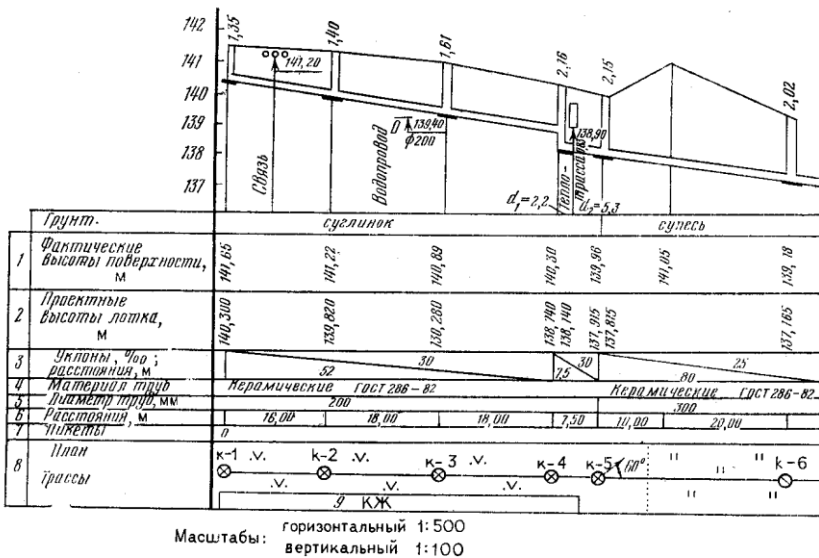


Рис. 8. Продольный профиль дворовой канализации

Может быть использован ранее составленный план, на котором по данным преподавателя наносят план трассы и колодцы.

В качестве исходного материала для составления профиля используют топографический план масштаба 1:500 на котором нанесено положение трассы

со всеми колодцами. Может быть использован ранее составленный план, на котором по данным преподавателя наносят план трассы и колодцы.

Преподаватель задаёт диаметр труб, глубину заложения первого колодца, величины проектных углов, а также положение перепадных колодцев и величины перепада высот.

Профиль трубопровода составляется в такой последовательности:

1. По топографическому плану определяют фактические высоты точек поверхности и расстояния между ними. Эти данные заносят в соответствующие графы и по ним составляют профиль.

2. По данным, выданным преподавателем, наносят существующие подземные коммуникации, заполняют графы 3 и 8.

3. Наносят на профиль колодец к-1.

4. Вычисляют проектные высоты лотков колодцев на проектной высоте H_l лотка колодца к-1 и проектному уклону трубопровода i_n , заданным преподавателем. Вычисления выполняют по формуле (1).

5. Вычисляют глубину заложения колодцев h_n и подписывают их на профиле:

$$h_n = H_n - H_\phi \quad (6)$$

где h_n – глубина заложения колодца с номером n ; H_ϕ – отметка поверхности.

При выполнении п. 2 задания, графически по профилю определяют расстояния от подземной коммуникации до двух соседних колодцев, по формуле (1) определяют проектную высоту лотка в месте пересечения, а далее находят разность высот h между проектной высотой трубопровода H и высотой существующей коммуникации, подписанной на профиле.

Например, для теплосети, показанной на профиле (рис. 8) имеем $d_1 = 2,2$ м; $d_2 = 5,3$ м.

Дважды находим H :

$$H = 138,140 - 0,030 \cdot 2,2 = 138,074;$$

$$H = 137,915 + 0,030 \cdot 5,3 = 138,074,$$

следовательно

$$h = 138,90 - 138,07 = 0,83 \text{ м.}$$

полученные значения h выписывают на профиль.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 5.
ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКТНОГО РЕЛЬЕФА

Цель задания: научиться проектировать и изображать проектный рельеф горизонталями.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, лист чертёжной бумаги формата А3, чертёжные инструменты.

При проектировании рельефа внутри кварталов, на площадях, улицах, перекрёстках чаще всего используют метод проектных горизонталей. В этом случае проектная поверхность изображается горизонталями как на топографических планах.

Полученный чертёж используют для перенесения проекта организации рельефа на местность и выполнения строительных работ по преобразованию естественного рельефа к виду удобному для эксплуатации.

Построение проектных горизонталей

Проекты организации рельефа составляют на основе «Схемы организации рельефа территории города», на которой показывают красные линии застройки, проектные отметки планировки в характерных местах и проектные уклоны по проездам. В качестве материала для выполнения данной работы может служить ранее составленный план тахеометрической съёмки масштаба $1:500 \div 1:1000$, на котором по координатам, заданным преподавателем, студент наносит задание, линию застройки AB границы тротуара и проезжей части дороги CD и $C'D'$ (рис. 9). Кроме того, каждому студенту индивидуально задаются проектные отметки по оси проезда: 117,20; 117,80; 117,60.

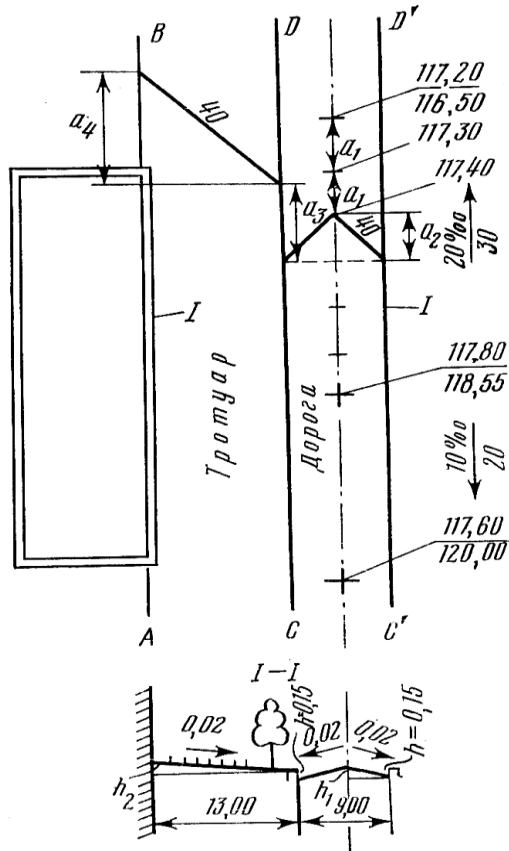


Рис. 9. К построению проектных горизонталей

Местоположение точек с этими отметками на схеме обозначают крестиками (+) рядом с которыми подписывают в виде дроби проектную отметку в числителе и фактическую отметку поверхности в знаменателе. При построении проектных горизонталей используют поперечный разрез I-I (см. рис. 9), на котором показаны ширина проезжей части дороги, тротуара и

поперечные уклоны. Например, проезжая часть отделяется от газона бортовым камнем высотой $h = 0,15$ м.

Следует иметь в виду, что проектные отметки по осям проездов назначают с учётом допустимых уклонов городских дорог согласно требованиям СНиП II-60-75 “Планировка и застройка городов, посёлков и сельских населённых пунктов”. (Нормы проектирования – М.: Стройиздат, 1976). В табл. 6 приведены некоторые сведения из этого документа.

Таблица 6

Нормы проектирования продольных профилей улиц

Категория улиц и дорог	Наибольший продольный уклон, ‰	Алгебраическая разность уклонов смежных участков, ‰
Скоростные дороги	40	5 и более
Магистральные улицы и дороги:		
- общегородского значения	50	7 и более
- районного значения	60	10 и
- грузового движения	40	более
Улицы и дороги местного значения:		7 и более
- жилые улицы	80	
- дороги промышленных и коммунально-складских районов	40	15 и более
- пешеходные улицы и дороги, проезды	80	-
		-

Сечение проектных горизонталей назначают в пределах 0,1-0,5 м. при сравнительно спокойном рельефе и масштабе проекта вертикальной планировки 1:500 чаще всего используют сечение 0,1 м.

Предварительно, перед изображением проектного рельефа, на лист чертёжной бумаги формата А3 в масштабе 1:500 наносят контуры здания, тротуара и проезжей части, подписывают исходные отметки и расстояния между ними.

Определения положения проектных горизонталей начинают с вычисления продольных проектных уклонов вдоль проезда между точками перегиба:

$$I_n = h/D \quad (7)$$

где h – разность проектных отметок; D – расстояние между этими точками.

Для схемы на рис. 6 имеем:

первый участок –

$$i_n = (117,80 - 117,20) \setminus 30 = 0,020 = 20 \text{ ‰};$$

второй участок –

$$i_n = (117,80 - 117,60) \setminus 20 = 0,010 = 10 \text{ ‰}.$$

Полученные результаты сравнивают с допустимыми, указанными в табл.6.

Далее находят расстояния между проектными горизонталями по проезжей части:

$$a_l = h_c \setminus (i_n M) \quad (8)$$

где h_c – сечение проектных горизонталей; M – знаменатель численного масштаба.

Для участка дороги с уклоном $i_n = 20 \text{ ‰}$ при $h_c = 10$ см имеем:

$$a_1 = 10 \setminus (0,020 \cdot 500) = 1 \text{ см.}$$

Откладывая полученное расстояние вдоль оси дороги, намечаем положение горизонталей с отметками от 117,20 до 117,80 (см. рис 9).

В связи с тем, что дорога двускатная и имеет в обе стороны от оси поперечный уклон 0,02, горизонтали на проезжей части будут в виде ломанных линий (см. рис. 9). Чтобы их построить, необходимо вычислить значение a_2 .

Точки, расположенные у бортового камня, ниже точки, расположенной на оси, на величину h_1 .

$$h_1 = i_{\text{поп}} d \quad (9)$$

где $i_{\text{поп}}$ – поперечный уклон дороги; d – расстояние от оси дороги до бортового камня.

Для рассматриваемого примера:

$$d = 9,00 \setminus 2 = 4,5 \text{ м}; \quad h_1 = 0,02 \cdot 4,5 = 0,09 \text{ м.}$$

Чтобы найти a_2 , подставляем значение h_1 в формулу (8):

$$a_2 = 9 \setminus (0,020 \cdot 500) = 0,9 \text{ см.}$$

откладывая от нормали к оси дороги, проведённой через точку с отметкой 117,40, отрезки a_2 , находим точки у бортового камня с отметкой 117,40 и проводим соответствующую горизонталь.

Аналогично строят другие горизонтали на проезжей части, которые в пределах участка с одним продольным уклоном будут параллельны и расположены на одинаковом расстоянии друг от друга – 1 см.

Следует иметь в виду, что в отличие от топографического плана на проектах вертикальной планировки подписывают каждую горизонталь кратную полным метрам, а для остальных – указывают сантиметры. Цифры располагают вдоль проектной горизонтали. Метровые горизонтالي утолщают.

Далее строят горизонтали по тротуару. Они должны быть смещены на величину a_3 относительно одноимённых на проезжей части за счёт уступа бортового камня h в сторону понижения проектного рельефа. Величину a_3 находят по формуле (8).

Для нашего примера будем иметь:

$$a_3 = 15 \setminus (0,020 \cdot 500) = 1,5 \text{ см.}$$

Чтобы провести проектную горизонталь по тротуару, находим смещение a_4 (см. рис.9).

Для этого используем формулы (8) и (9):

$$h_2 = d i_{\text{поп}} = 0,02 \cdot 13,00 = 0,26 \text{ м,}$$

где d – ширина тротуара;

$$a_4 = 26 \setminus (0,020 \cdot 500) = 2,6 \text{ см.}$$

Откладываем расстояния a_3 и a_4 и строим горизонталь 117,40.

Остальные горизонтали тротуара в пределах данного участка с продольным уклоном 20 ‰ будут параллельны ей. Для контроля целесообразно рассчитать на каждом участке не менее двух горизонталей.

Подобные расчёты выполняют для участка с другим продольным уклоном.

Задание. Построить проектные горизонтали по проезжей части и по тротуару.

Пояснения к заданию расчёты при выполнении задания выполняют в следующей последовательности:

- расчёт проектных продольных уклонов;
- расчёт положения горизонталей по проезжей части дороги;
- расчёт положения горизонталей по тротуару.

Проект организации рельефа выполняют в масштабе 1:500, с сечением проектных горизонталей 10 см.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 6.
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Цель задания: научиться выполнять геодезические расчёты при проектировании горизонтальных площадок.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, рабочая тетрадь, миллиметровая бумага, цветные карандаши, простые карандаши, линейка.

Проектирование горизонтальной площадки при условиях минимума земляных работ и баланса масс (равенстве объёмов выемки и насыпи) является частной задачей вертикальной планировки. Подобные площадки приходится проектировать при строительстве спортивных сооружений, стоянок автотранспорта, трамвайно-троллейбусных парков и т. п.

Планируемую территорию разбивают на квадрат со сторонами 10, 20, 40 или 50 м в зависимости от сложности рельефа. Определяют фактические высоты вершин квадратов по горизонталям на топографическом плане масштабов 1:500 ÷ 1:1000 или при помощи геометрического нивелирования.

Проектную высоту горизонтальной площадки находят по формуле:

$$H_{\text{п}} = H_{\text{min}} + [(\Sigma h_{y(1)} + 2\Sigma h_{y(2)} + 3\Sigma h_{y(3)} + 4\Sigma h_{y(4)}) / 4n]$$

где H_{min} – наименьшая высота вершины квадрата, h_y – условная отметка (индексы в скобках (1), (2), ... показывают количество квадратов, для которых эта отметка является общей); n – число квадратов.

Условные отметки вычисляют по формуле:

$$h_y = H_i - H_{\text{min}} , \tag{10}$$

где H_i – высота поверхности в вершине данного квадрата.

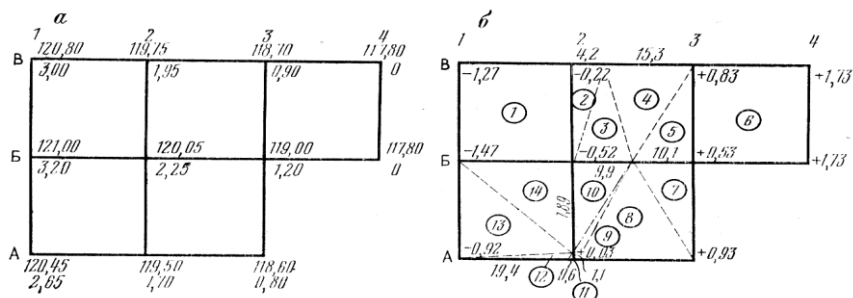


Рис. 10. К построению горизонтальной площадки

а – план площадки; б – картограмма земляных работ

Например, для участка на рис. 7, а для вершины В1 - 120,80; для А3 – 118,60. Точка с наименьшей высотой расположена в вершине В4, поэтому $H_{\min} = 117,80$. Условная отметка в точке В1 равна $-h_y = 120,80 - 117,80 = 3,00$; в точке

А3 равна $h_y = 118,60 - 117,80 = 0,80$. Вершины В1, В4, В4, А3, А1 относятся к одному квадрату, вершины В2, В3, А2, В1 – общие для двух смежных квадратов, В3 – общая для трёх квадратов, В2 – для четырёх, тогда:

$$\Sigma h_{y(1)} = 3,0 + 0,00 + 0,00 + 0,80 + 2,65 = 6,45;$$

$$2\Sigma h_{y(2)} = 2(1,95 + 0,90 + 1,70 + 3,20) = 15,50;$$

$$3\Sigma h_{y(3)} = 3 \cdot 1,20 = 3,60;$$

$$4\Sigma h_{y(4)} = 4 \cdot 2,25 = 9,00.$$

По формуле проектной высоты горизонтальной площади получим:

$$H_n = 117,80 + [(6,45 + 15,50 + 3,60 + 9,00) / 4 * 5] = 119,53$$

Вычисление H_n может быть выполнено на микрокалькуляторе по программе, приведённой в табл. 7.

Далее находят рабочие отметки каждой вершины (рис. 10,б) по формуле:

$$h_p = H_n - H_i \quad (11)$$

Таким образом, по формуле (11) получим рабочую отметку вершины А1, равную $119,53 - 120,45 = -0,92$ и аналогично – всех остальных.

Если в квадрате рабочие отметки с разными знаками, то в таком квадрате проходит линия нулевых работ – линия с рабочей отметкой, равной нулю. Линия нулевых работ является границей между участками насыпи и выемки грунта. Для построения линии нулевых работ на сторонах квадратов находят положение точек нулевых работ по формулам:

$$l_1 = |h_{p1}| / [(|h_{p1}| + |h_{p2}|) * a] \quad (12)$$

$$l_2 = |h_{p2}| / [(|h_{p1}| + |h_{p2}|) * a]$$

где l_1 и l_2 – расстояния от вершины квадратов до точки нулевых работ; a – сторона квадрата.

Например, для стороны квадрата В2-В3, при $a = 20$ мм имеем:

$$l_1 = [0,22 / (0,22 + 0,83) * 20] = 4,2 \text{ м};$$

$$l_2 = [0,83 / (0,22 + 0,83) * 20] = 15,8 \text{ м}$$

Контролем является равенство суммы l_1 и l_2 расстоянию a : $15,8 + 4,2 = 20,00$ м.

Откладывая от вершины В2 расстояние, равное 4,2 м, и от В3, равное 15,8 (см рис. 10,б), получаем на чертеже точку нулевых работ. Аналогично находим точки нулевых работ на остальных сторонах квадратов и, соединяя их штрих- пунктирной ломаной линией, получаем границу выемки и насыпи. Объём земляных работ определяют отдельно для выемки и насыпи.

Объём грунта в полном квадрате находят по формуле:

$$V = (\Sigma h_p / 4) * S_k \quad (13)$$

где Σh_p – сумма рабочих отметок; S_k – площадь квадрата.

Для квадрата 1 (В1, В2, В3,В1):

$$V = (1,27 + 0,22 + 0,52 + 1,47) 4 * 400 = 348,0 \text{ м}^3$$

При подсчёте объёмов земляных работ по неполным квадратам (квадратам, через которые проходит линия нулевых работ) их разбивают на треугольники, как это показано на рис. 10,б и нумеруют каждую фигуру.

Находят площадь каждого треугольника S_T и вычисляют объём грунта в пределах треугольных призм по формуле:

$$V = (\Sigma h_p / 3) * S_T \quad (14)$$

Например, для фигуры 2 имеем:

$$S_T = 4,2 \cdot 20 / 2 = 42 \text{ м}^2;$$

$$V = (0,22 + 0 + 0) / 3 * 42 = 2,9 \text{ м}^3$$

Все вычисления ведут в ведомости (табл. 8), где окончательно получаем объём выемки V_B и насыпи V_H . далее проверяют баланс земляных работ по формуле:

$$\Delta V = [(|V_B| - |V_H|) / (|V_B| + |V_H|)] * 100 \% \quad (15)$$

Задание. Выполнить проектирование горизонтальной площадки.

Пояснения к заданию. В качестве исходного может быть использован топографический план строительного участка в масштабе 1:500. Преподавателем задаётся сетка квадратов, которую студент наносит на план строительного участка. Фактические высоты вершин квадратов определяют на плане по горизонталям. На листе миллиметровой бумаги наносят сетку квадратов в масштабе 1:500, подписывают фактические высоты вершин квадратов и вычисляют условные отметки (рис. 10, а). Составляют чертёж (рис. 10, б), на котором подписывают h_p и строят линию нулевых работ. В ведомости (табл. 8) производят определение объёмов земляных работ и проверяют условие баланса земляных работ по формуле (15).

Таблица 8

Ведомость вычисления объёма грунта

Номер фигур ы	Площадь, м ³	h_{cp}	Объём, м ³	
			Выемка (-)	Насыпь (+)
1	400,0	-0,87	348,0	44,2
2	42,0	-0,07	2,9	
3	99,0	-0,17	16,8	
4	158,0	+0,28		

5	101,0	+0,45		45,4
6	400,0	+1,20		480,0
7	101,0	+0,49		49,5
8	200,0	+0,32		64,0
9	54	+0,01		0,1
10	93,6	-0,17	15,9	
11	0,3	+0,01		0,0
12	10,7	-0,31	3,3	
13	200,0	-0,80	160,0	
14	189,0	-0,66	124,7	
	$\Sigma = 2000,0$		$V_B = 671,6$	$V_H = 683,2$

$$\Delta V = [(671,6 - 683,2) / (671,6 + 683,2) * 100 \% = 0,8 \%$$

$$\Delta V \leq 3\%.$$

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 7.
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
НАКЛОННОЙ ПЛОЩАДКИ

Цель задания: научиться выполнять геодезические расчёты при проектировании наклонных площадок.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, рабочая тетрадь, миллиметровая бумага, цветные карандаши, линейка.

Планирование наклонных площадок при условиях минимума земляных работ и баланса масс является частной задачей организации рельефа. Подобные задачи приходится решать при проектировании промышленных площадок, благоустройстве жилых массивов и т. п.

Планируемую территорию разбивают на квадраты со сторонами 10, 20, 40 или 50 м, в зависимости от характера рельефа, и определяют высоты вершин квадратов по топографическому плану или путём нивелирования.

Задаются условно системой координат X и Y (рис. 11,а), совпадающей со сторонами квадратов, и вычисляют координаты центра тяжести по формулам:

$$X_{Ц} = 1 / m \sum X_i \quad ; \quad Y_{Ц} = 1 / m \sum Y_i \quad (16)$$

где m – число вершин квадратов; X_i и Y_i – координаты вершин квадратов.

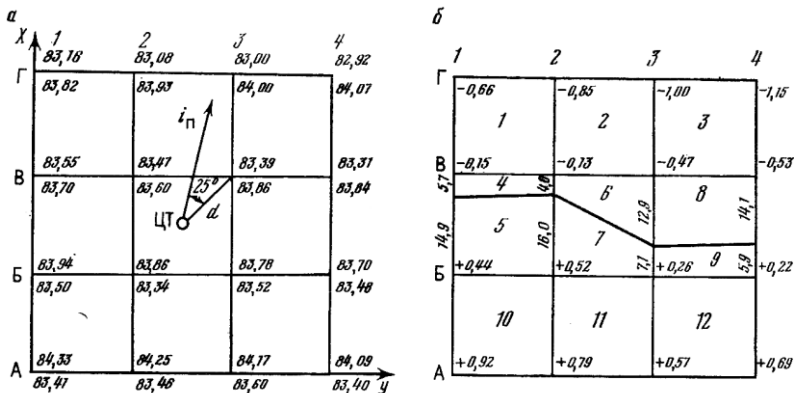


Рис. 11. К проектированию наклонной площадки:

а – схема для работ проектных высот; б – план земляных работ.

Например, для участка на рис. 11- а, имеем:

$$X_{Ц} = (1/16)480 = 30 \text{ и } Y_{Ц} = (1/16)480 = 30.$$

Проектную высоту центра тяжести находят по формуле:

$$H_{пц} = (\Sigma H_{(1)} + 2\Sigma H_{(2)} + 3\Sigma H_{(3)} + 4\Sigma H_{(4)}) / 4n \quad (17)$$

где индексы в скобках – число квадратов, к которым относится высота; n – число квадратов.

Для участка на рис. 11- а:

$$\begin{aligned} \Sigma H_{(1)} &= 83,82 + 84,07 + 83,40 + 83,41 = 334,70 \\ 2 \Sigma H_{(2)} &= 2(83,93 + 84,00 + 2 \cdot 83,84 + 83,60 + 83,46 + 83,50 + 83,70) = \\ &= 1339,02 \\ 3 \Sigma H_{(3)} &= 0 \end{aligned}$$

$$4 \Sigma H_{(4)} = 4(83,60 + 83,86 + 83,34 + 83,52) = 1337,28$$

$$H_{\text{пц}} = (334,70 + 1339,02 + 1337,28) / 4 \cdot 9 = 83,64$$

По заданному максимальному проектному уклону площадки $i_{\text{п}}$ и его дирекционному углу $\alpha_{\text{п}}$ вычисляют уклон линии ЦТ-ВЗ, соединяющий центр тяжести с одной из ближайших вершин квадратов.

При этом расстояние ЦТ-ВЗ может быть получено графически с чертежа. Дирекционный угол α линии D измеряют транспортиром.

В данном примере $\alpha_{\text{п}} = 12^\circ$, $D = 14,1$; $\alpha = 37^\circ$, проектный угол линии d равен:

$$i_d = i_{\text{п}} \cos (\alpha - \alpha_{\text{п}}) = 0,02 \cos 25^\circ = 0,018$$

Далее находят проектную высоту точки ВЗ и значения уклонов между вершинами квадратов по линиям, параллельным осям X и Y, i_x и i_y :

$$H_{\text{п(ВЗ)}} = H_{\text{пц}} - i_d d = 83,64 - 0,018 \cdot 14,1 = 83,39$$

$$i_x = i_{\text{п}} \cos \alpha_{\text{п}} = 0,02 \cos 12^\circ = 0,0196$$

$$i_y = i_{\text{п}} \sin \alpha_{\text{п}} = 0,02 \sin 12^\circ = 0,0041$$

Используя полученные значения i_x и i_y , вычисляют проектные превышения между вершинами квадратов вдоль осей X и Y:

$$h_x = 20 \cdot 0,0196 = 0,39; h_y = 20 \cdot 0,0041 = 0,08$$

Перед вычислением проектных высот по направлению уклона определяют знак превышений h_x и h_y .

В примере – выше точки ВЗ значения h_x будут отрицательными, а ниже – положительными; превышения h_y вправо от точки ВЗ отрицательные, а влево – положительные.

При вычислении проектных высот для контроля вычисляют дважды высоты точек углов проектируемой площадки. Например, высоту точки А1 получают по ходу В3, В2, А3, А2, А1 и по ходу В3, В2, В1, Б1, А1.

По первому ходу имеем:

$$\begin{aligned}H_{В3} &= 83,39; \\H_{В2} &= 83,39 + 0,39 = 83,78; \\H_{А3} &= 83,78 + 0,39 = 84,17; \\H_{А2} &= 84,17 + 0,08 = 84,25; \\H_{А1} &= 84,25 + 0,08 = 84,33.\end{aligned}$$

По второму:

$$\begin{aligned}H_{В3} &= 83,39; \\H_{В2} &= 83,39 + 0,08 = 83,47; \\H_{В1} &= 83,47 + 0,08 = 83,55; \\H_{Б1} &= 83,55 + 0,39 = 83,94; \\H_{А1} &= 83,94 + 0,39 = 84,33.\end{aligned}$$

Аналогично вычисляют проектные высоты всех остальных квадратов. Далее находят рабочие отметки по формуле (11), подписывают их на схеме рис. 11, б.

По формулам (12) определяют положение линии нулевых работ, которую показывают штрих-пунктирной линией. Объём земляных работ определяют для выемки и насыпи по формулам (13, 14). Вычисление объёмов грунта ведут в ведомости (табл. 9).

Ведомость вычисления объёма грунта

Номер фигуры	Площадь, м ³	h _{ср} , м	Объём, м ³	
			Выемка (-)	Насыпь (+)
1	400	-0,45	179,0	
2	400	-0,61	245,0	
3	400	-0,79	315,0	
4	91	-0,07	146,4	
5	309	+0,24		74,2
6	169	-0,15	25,4	
7	231	+0,19		45,0
8	270	-0,25	67,5	
9	130	+0,12		15,6
10	400	+0,67		267,0
11	400	+0,54		214,0
12	400	+0,44		174,0

$$\Sigma = 3600$$

$$V_B = 838,3; V_H = 789,8$$

$$\Delta V = [(838,3 - 789,8) / (838,3 + 789,8)] * 100 \%$$

Задание. Выполнить проектирование наклонной площадки.

Пояснение к заданию. В качестве исходного целесообразно использовать топографический план строительного участка в масштабе 1:500. Преподавателем задаётся сетка квадратов, проектный уклон, его направление.

Студент наносит на план сетку квадратов и определяет фактические высоты вершин по горизонталям.

На листе миллиметровой бумаги строят сетку квадратов в масштабе 1:500, подписывают фактические высоты вершин квадратов (рис. 11, *а*).

Вычисляют координаты центра тяжести и проектные высоты. Составляют план земельных масс (рис. 11, *б*), вычисляют рабочие отметки и строят линию нулевых работ. В ведомости (табл. 9) определяют объём земляных работ и проверяют условие равенства объёмов выемки и насыпи. На плане земельных масс площади, на которых нужно сделать насыпи. На плане земельных масс площади, на которых нужно сделать насыпь, закрашивают жёлтым цветом, а площади, на которых должны произвести срезку грунта (выемку) – красным цветом.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 8. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ

Цель задания: изучить методику и освоить построение плана топографической съёмки в масштабе 1:500.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500», ведомости вычислений координат и высот точек теодолитного хода, лист бумаги (ватмана) формата Ф3, линейка Дробышева (ЛД-1) или металлическая линейка не менее 30 см, масштабная линейка, транспортир, готовальня, карандаши твёрдости 3Т или 4Т, тушь, чёрная, коричневая и зелёная.

Для застроенных территорий топографический план составляют по этапам. Вначале по результатам горизонтальной съёмки составляют ситуационный план, затем на этот план по результатам высотной съёмки наносят изображение рельефа.

Для незастроенных территорий топографический план составляют сразу или по результатам тахеометрической съёмки, или по результатам нивелирования поверхности.

Построение плана по результатам горизонтальной съёмки

Построение плана осуществляют в такой последовательности.

Построение координатной сетки.

Для составления плана масштаба 1:500 используют координатную сетку со сторонами 100 мм. В топографо-геодезических предприятиях построение сетки выполняют на специальных приборах – координатографах

или графопостроителях. При составлении отдельных планов в небольших экспедициях построение осуществляют при помощи линейки Дробышева или по диагоналям прямоугольника.

Линейка Дробышева (рис. 12, а) имеет боковой и торцевой скошенные края и шесть окошек. Середина прямого скошенного края в первом окошке обозначена штрихом и служит началом отсчёта. Скошенные края остальных окошек являются дугами радиусов соответственно 100, 200, 300, 400 и 500 мм, а скошенный торцевой край линейки имеет длину диагонали прямоугольника, катеты которого равны 500 мм.

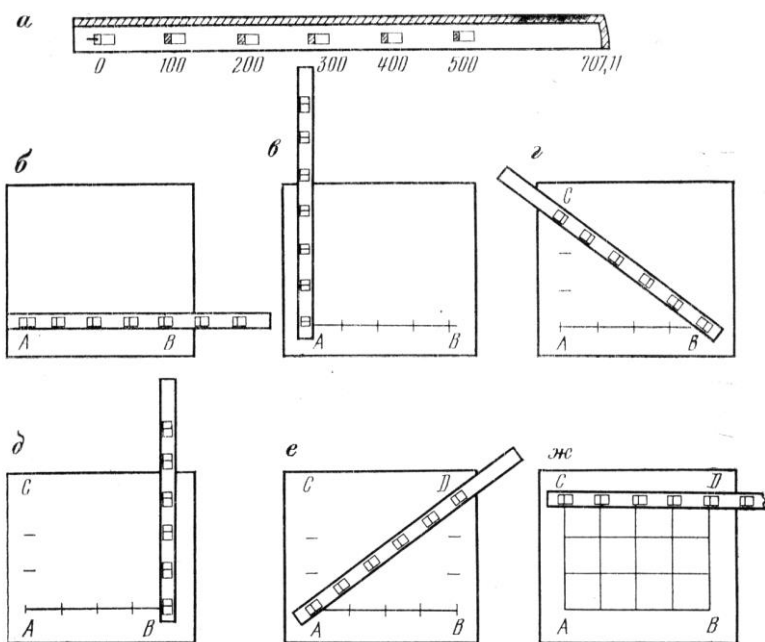


Рис. 12. К построению координатной сетки при помощи линейки Дробышева: а – линейка Дробышева; б – ж – этапы построения сетки

Перед построением подсчитывают необходимое число рядов n и колонок k в сетке. Для этого из ведомости координат теодолитного хода выписывают максимальное x_{max} , y_{max} и минимальные x_{min} , y_{min} значения абсцисс и ординат. Так как сторона сетки в масштабе 1:500 соответствует 10 мм \times 500 = 50000 мм = 50 м, то для построения данного участка сетка должна иметь $[(x_{max} - x_{min}) / 50]$ рядов и $[(y_{max} - y_{min}) / 50]$ колонок. Поэтому с запасом для построения ситуации будем иметь:

$$n = [(x_{max} - x_{min}) / 50] + 1, \quad k = [(y_{max} - y_{min}) / 50] + 1 \quad (18)$$

В рассматриваемом примере из ведомости координат выбираем значения $x_{max} = 587$ м, $x_{min} = 511$ м и $y_{max} = 609$ м, $y_{min} = 497$ м. Тогда:

$$n = [(587 - 511) / 50] + 1 = 1,5 + 1 \approx 3 \text{ ряда};$$

$$k = [(609 - 497) / 50] + 1 = 2,2 + 1 \approx 4 \text{ колонны}$$

Линейкой Дробышева можно построить сетку квадратов размером 5×5 и 3×4 .

При построении сетки размером 3×4 используют свойство египетского треугольника, катеты и гипотенуза которого относятся друг к другу как 3 : 4 : 5. Для построения отступают от нижнего края бумаги 6-7 см, проводят остро отточенным карандашом линию AB по боковому скошенному ребру линейки и укладывают её на полученную линию (рис. 12, б). Нулевой штрих в первом окошке совмещают с линией AB и в четырёх окошках проводят по скошенным рёбрам чёточки (засечки). Далее линейку прикладывают по возможности перпендикулярно к линии AB , совмещают нулевой штрих с точкой A (рис. 12, в) и по скошенным краям в окошках проводят четыре засечки. Затем линейку прикладывают по диагонали

прямоугольника (рис. 12, *з*), совмещают нулевой штрих с точкой *B* и проводят засечку по скошенному краю в шестом окошке. Пересечение полученных засечек даёт точку *C*.

Аналогичные построения (рис. 12, *д*, *е*) выполняют для определения точки *D*. Фигура *ABCD* должна быть прямоугольником. Для контроля построений линейку прикладывают к линии *CD*. Если расхождение в длине отрезка *CD* не превышает 0,2 мм, то проводят засечки. Соединив одноимённые засечки на сторонах прямоугольника, получают сетку квадратов (рис. 12, *ж*).

Для построения сетки квадратов размером 5×5 длину линейки 707,11 мм используют как гипотенузу прямоугольного треугольника со сторонами 500×500 мм. В остальном построения аналогичны рассмотренным ранее.

Построение прямоугольника по диагоналям осуществляют с помощью металлической линейки следующим образом.

На листе бумаги (рис. 13) проводят две пересекающиеся линии и от точки *O* пересечения этих линий откладывают равные отрезки $OA = OC = OD = OB$. Концы отрезков соединяют прямыми линиями и получают прямоугольник *ACDB*. На сторонах прямоугольника от точек *A* и *B* циркулем-измерителем по масштабной линейке откладывают по направлению оси *X* отрезки в 100 мм, а от точек *A* и *C* – по направлению оси *Y*. Соединив точки на противоположных сторонах прямоугольника, получают координатную сетку.

Контроль построений осуществляют сравнением длин сторон и диагоналей квадратов с помощью циркуля-измерителя. Отклонения в длинах не должны превышать 0,2 мм.

Построение точек теодолитного хода

Построение теодолитного хода осуществляют по координатам его вершин.

Чтобы участок съёмки располагался в середине листа бумаги, необходимо соответствующим образом подписать координатную сетку. По значению $x_{min} = 511$ м видим, что линии сетки по оси абсцисс целесообразно подписывать, начиная со значения 500 м (см. рис. 13). далее по оси X координатные линии в масштабе 1:500 подписывают через 50 м. по значению $y_{min} = 497$ м определяем, что подписи необходимо начинать со значения 450 м.

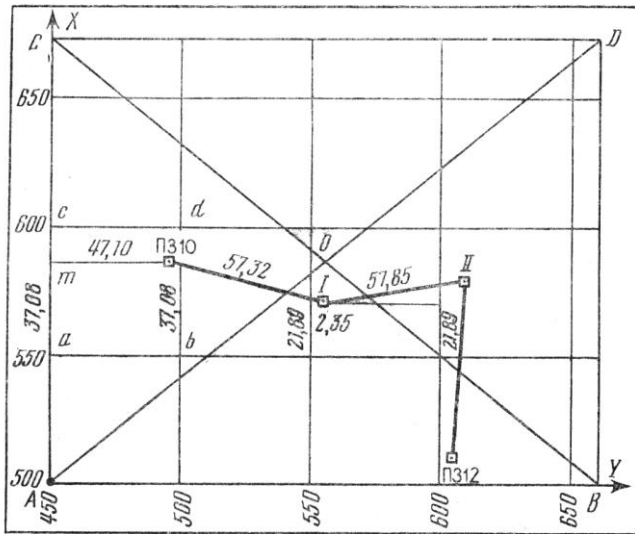


Рис. 13. Схема построения координатной сетки при помощи диагоналей

Для построения первой точки хода ПЗ 10 с координатами $X_{ПЗ 10} = 587,08$ м и $Y_{ПЗ 10} = 497,10$ м находят квадрат, в котором эта точка расположена.

Так как абсцисса точки попадает в интервал $550 < X < 600$, а ордината – в интервал $450 < Y < 500$, то точка ПЗ 10 должна находиться в квадрате $acdb$ (см. рис. 13).

Чтобы нанести эту точку на план откладывают с помощью циркуля-измерителя от точки a по направлению к точке c отрезок $\Delta x = X_{\text{ПЗ 10}} - X_{550} = 587,08 - 550 = 37,08$ м в масштабе плана. Для получения отрезка используют масштабную линейку или диаграмму поперечного масштаба на геодезическом транспорте. Аналогичные построения выполняют по стороне квадрата bd и полученные точки соединяют тонкой линией mn . Далее от точки m по направлению к точке n откладывают отрезок $\Delta y = Y_{\text{ПЗ 10}} - Y_{450} = 497,10 - 450 = 47,10$ м и получают положение искомой точки. В этом месте иголкой циркуля-измерителя делают слабый накол, обводят его кружком и подписывают название точки – ПЗ 10.

Для построения точки теодолитного хода I с координатами $X_1 = 571,89$ м и $Y_1 = 552,35$ м от координатной линии $X = 500$ м откладывают отрезки $\Delta x = 571,89 - 550 = 21,89$ м, а от координатной линии $Y = 550$ м – отрезок $\Delta y = 552,35 - 550 = 2,35$ м и получают положение точки I .

Правильность построения точек контролируют сравнением расстояний между ними, полученными с плана с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки, с горизонтальными приложениями, взятыми из ведомости вычислений координат. Расхождения в длинах не должны превышать 0,3 мм в масштабе плана.

Полученные точки теодолитного хода служат опорой для построения ситуации на плане.

Построение ситуации на плане застроенной части участка

Построение осуществляют по абрисам горизонтальной съёмки, на которых показаны предметы и контуры местности, а также приведены результаты измерений. Способ построения ситуации на плане соответствует способу съёмки.

При горизонтальной съёмке используют следующие способы определения положения точек на местности:

1. *Способ перпендикуляров (прямоугольных координат)*. В этом способе из определяемой точки местности восстанавливают перпендикуляр до стороны сети, измеряют его длину и расстояние от пункта плановой сети до основания перпендикуляра. Результаты измерений записывают в абрис.

На рис. 14, а показан абрис съёмки 16-этажного дома. Из углов здания m и n стороны планового обоснования ПЗ 12 - ПЗ 11 восстанавливают перпендикуляры mm' и nn' . Результаты измерений: $mm' = 2,88$ м и $nn' = 1,87$ м; $m'l = 85,72$ м и $n'l = 27,62$ м выписаны в абрис. Отметим, что в способе перпендикуляров все расстояния по стороне плановой сети отсчитываются от начальной точки, в нашем примере от пункта ПЗ 12.

Для построения углов здания на плане соединяют тонкой линией угловые точки ПЗ 12 и ПЗ 11, с помощью циркуля-измерителя откладывают от

ПЗ 12 в соответствующем масштабе расстояния 27,62 м и 85,72 м. В полученных точках m' и n' восстанавливают с помощью угольника перпендикуляры и откладывают на них отрезки 1,87 и 2,88 м.

Частным случаем рассматриваемого способа является способ створа. В этом случае определяемая точка лежит на стороне планового обоснования. На рис. 14, а способом створа снята точка деревянного забора k . Для построения этой точки на плане по стороне ПЗ 12 - ПЗ 11 от пункта ПЗ 12 откладывают отрезок $lk = 18,31$ м.

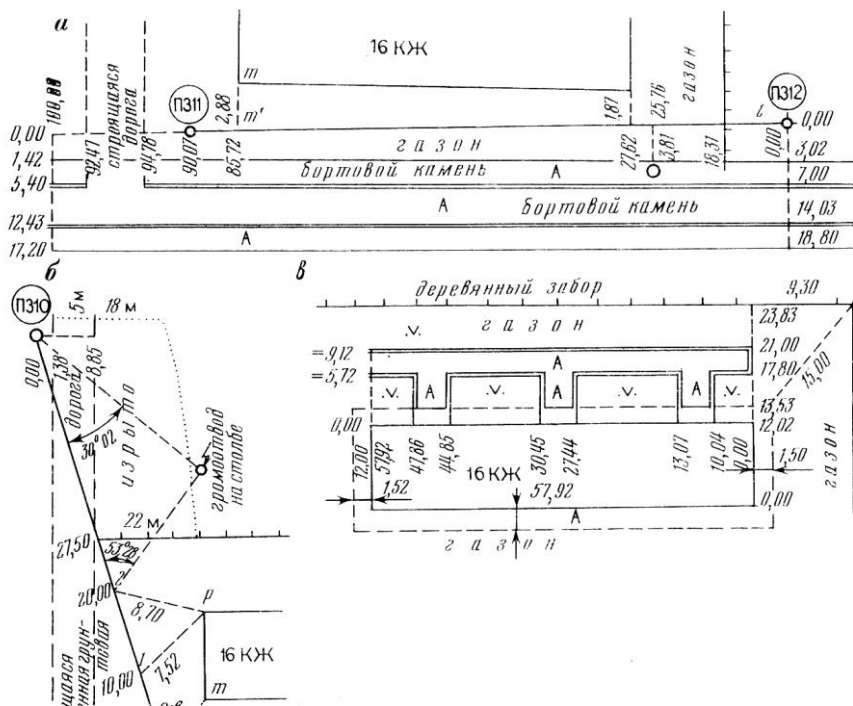


Рис. 14. Абрисы горизонтальной съёмки застроенной территории:

а - фасадов и проезжей части; б - строящейся дороги; в - внутри кварталов.

Отметим, что при съёмке капитальных сооружений (твёрдых точек) все расстояния в масштабе съёмки откладывают по поперечному масштабу.

2. *Способ полярных координат.* В этом способе положение точки определяют по полярному гуду и полярному расстоянию. За полярную ось обычно принимают направление одной из сторон планового обоснования.

Рис. 14, б положение точки m угла здания определяется полярным углом $\beta = 61^{\circ}05'$ и полярным расстоянием $d = 5,20$ м.

3. Для построения точки на плане соединяют пункты обоснования ПЗ 11 и ПЗ 10 тонкой линией, откладывают от этой линии угол $\beta = 61^{\circ}05'$ и по полученному направлению отмеряют отрезок $d = 5,20$ м в масштабе плана. Построение полярного угла осуществляют с помощью геодезического транспортира с точностью до $\frac{1}{4}$ деления, т. е. до $30'/4 = 7,5'$. Полярные расстояния откладывают как в способе перпендикуляров.

4. *Способ линейной засечки.* В этом способе от двух точек планового обоснования ли точек на стороне плановой сети измеряют расстояния до определяемой точки. Рис. 14, б для определения положения угла здания точки p измерены расстояния 7,52 и 8,70 м от точек 1 и 2 на стороне ПЗ 11 – ПЗ 10 удалённых от пункта ПЗ 11 соответственно на 10,00 м и 20,00 м.

Для построения точки p на плане по стороне ПЗ 11 = ПЗ 10 откладывают в соответствующем масштабе отрезки 10 и 20 м и получают вспомогательные точки 1 и 2. От этих точек с помощью циркуля, растворами соответственно 7,52 и 8,70 м в масштабе плана, проводят две дуги. Пересечение эти дуг даёт положение определяемой точки.

5. *Способ угловой засечки.* В этом способе на двух пунктах обоснования или точках на стороне хода теодолитом измеряют углы между стороной сети и направлением на определяемую точку. Рис. 14, б для съёмки громоотвода на столбе (точки f) измерены углы $\beta_{ПЗ\ 10} = 30^{\circ}02'$ на пункте ПЗ 10 и $\beta_2 = 53^{\circ}28'$ на точке 2.

При построении точки f на плане при пункте ПЗ 10 откладывают с помощью транспортира округленное значение угла $\beta_{ПЗ\ 10} \approx 30^{\circ}00'$ и тонкой линией проводят направление на определяемую точку. Аналогичные построения выполняют на точке 2 (угол $\beta_2 = 53^{\circ}30'$) и получают второе

направление. Пересечение этих направлений определяет положение точки f на плане.

Перечисленными способами осуществляют построение всех точек ситуации по абрисам на рис. 14, *а*; (съёмка фасадов и проездов) и рис. 14, *в* (внутриквартальная съёмка). При построении точек все вспомогательные линии наносят карандашом и после построения стирают, результаты измерений на местности на план не наносят.

Сообразуясь с зарисовками контуров на абрисах соединяют точки контуров и предметов ситуации. При нанесении на план капитальных сооружений используют результаты их обмера (рис.14, *в* – обмеры 16-этажного дома).

Для контроля некоторые точки капитальных сооружений снимают дважды. Например, точка m 16-этажного здания. При построениях расхождения в положениях таких точек не должны превышать 0,4 мм.

По завершении построений ситуационный план вычерчивают в условных знаках. Полученный план служит основой для нанесения результатов высотной съёмки и получения топографического плана.

Задание. По результатам горизонтальной съёмки, приведённым на абрисах рис. 14, составить ситуационный план застроенной части участка в масштабе 1:500.

Построение плана по результатам высотной съёмки

При высотной съёмке застроенных территорий в масштабе 1:500 рельеф на проездах и участках с искусственным покрытием (асфальт, щебёнка и т. п.) отображают системой точек с подписанными высотами. На

незастроенной части участка (газоны, парки и т. п.) рельеф изображают горизонталями.

Для определения высот точек прокладывают ход технического нивелирования. Высоты пикетов вычисляют с помощью горизонта прибора, как для промежуточных точек. Результаты измерений записывают в журнал высотной съёмки (см. ниже).

Плановое положение пикетных точек определяют, привязываясь к элементам ситуации. Положение точек и результаты промеров заносят в абрис (рис. 15). на абрисе сплошной линией показывают нивелирный ход, а также выполняют зарисовки для определения высот некоторых точек, нивелирование которых затруднено. На рис. 15, например, показана схема определения отметки чистого пола здания.

Обработку материалов высотной съёмки начинают с проверки и вычислений высот в журнале. Эта работа выполняется в такой последовательности.

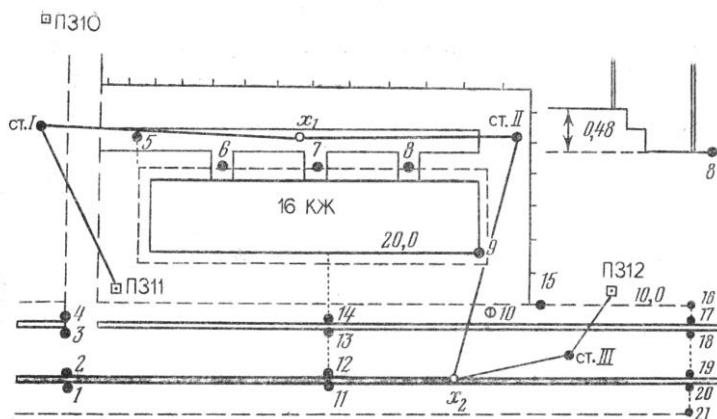


Рис. 15. Абрис высотной съёмки застроенной территории

Журнал высотной съёмки

Дата: 8/VI – 89 г

Вычислял: *Назаров Н. К.*

Наблюдал: *Иванов А. А.*

Проверил: *Климов А. Н.*

Номер станции	Наблюдаемая точка	Отсчёты по рейке, мм			Превышения, мм	Горизонт прибора, м	Высота, м	Примечания
		Задней	Передней	Промежуточной				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В графе 6 вычисляют превышения по черной (1), по красной (2) сторонам рейки на станциях и среднее значение (3).

В графах 3 и 4 подсчитывают суммы отсчётов по рейкам и выполняют контроль:

$$(11) - (10) = (12) \text{ и } (14) - (13) = (15)$$

В графе 6 вычисляют суммы превышений по чёрной (16) и по красной (17) сторонам реек, среднее значение (18) и контролируют правильность вычислений по формулам

$$(10) - (13) = (16) \text{ и } (11) - (14) = (17)$$

Вычисляют теоретическую сумму превышений $\Sigma h_T = H_{ПЗ12} - H_{ПЗ11}$,
невязку хода:

$$f = \Sigma h - \Sigma h_T$$

и сравнивают её значение с допустимой величиной:

$$f_{доп} = 10 \text{ мм } \sqrt{n},$$

где $H_{ПЗ11}$, $H_{ПЗ12}$ – высоты начальной и конечной точек хода; n – число станций в ходе.

Результаты вычислений записывают в графы 6 и 7.

Невязку распределяют поровну на все превышения и вычисляют исправленные их значения.

В графе 8 по высотам опорных пунктов ПЗ 11 и ПЗ 12 последовательно вычисляют высоты связующих (иксовых точек) x_1, x_2, x_3 .

В графе 7 вычисляют горизонт прибора ГП на станции по задней и передней рейкам:

$$ГП_3 = H_3 + a; \quad ГП_n = H_n + b,$$

где H_3, H_n – высоты задней и передней связующих точек; a, b – отсчёты по задней и передней рейкам.

Окончательное (среднее) значение $ГП = 0,5 (ГП_3 + ГП_n)$ выписывают в графу 7 и подчёркивают. Высоты промежуточных точек вычисляют по формуле:

$$H_{пр} = ГП - c,$$

где c – отсчёт по рейке на промежуточной точке.

В нижнем правом углу по зарисовкам и результатам измерений рулеткой вычисляют высоты труднодоступных для нивелирования точек. В нашем примере вычислена высота чистого пола 16-этажного дома.

После завершения подготовительных работ приступают к построениям на плане. При этом по абрису определяют положение пикетных точек и подписывают их высоты. Поперечники располагают перпендикулярно оси проезжей части по привязкам к предметам ситуации и пунктам планового обоснования. Так, поперечник по пикетам $1 - 4$ строят от точки пересечения строящегося проезда с бортовым камнем существующего проезда, створ поперечника по пикетам $11 - 14$ располагают в 20 м западнее угла здания и т. п. Построения выполняют с помощью линейки и угольника.

Задание. Обработать журнал высотной съёмки и построить рельеф на ситуационном плане строительного участка. Отметки точек съёмочного обоснования выбрать из ведомости вычислений высот в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Построение плана по результатам тахеометрической съёмки местности и промерам глубин реки

При тахеометрической съёмке плановое положение точек местности определяют с пунктов съёмочного обоснования полярным способом (расстояния измеряют нитяным дальномером), а высоты – тригонометрическим нивелированием. На станции (пункте съёмочного обоснования) устанавливают теодолит-тахеометр, измеряют высоту прибора i_t и ориентируют нулевой диаметр лимба по одной из сторон обоснования. В

журнале тахеометрической съёмки (см. ниже) записывают направление ориентирования лимба, высоту прибора и положение вертикального круга при съёмке пикетов (круг лево или право). Для контроля направление ориентирования на станции фиксируют отсчётом $0^{\circ}00'$ по горизонтальному кругу.

Таблица 11

Журнал тахеометрической съёмки

Наблюдал: *Иванов А. А.*

Вычислял: *Николаев А. И.*

Дата: 11/ VII – 89 г. Теодолит 2Т 30

Название точки	Отсчёты			Угол наклона ν	Горизонтальное проложение	$K' = d \operatorname{tg} \nu$, м	v	Превышения $h = h' + i_T - v$, м	Высота H , м	Примечания
	По дальноте	По горизонтальному кругу	По вертикальному кругу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

На все пикеты, располагаемые в характерных точках местности, берут дальномерный отсчёт n по рейке, отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам, а также регистрируют высоту v наведения визирного луча на рейку при измерении угла наклона. В графе примечаний отмечают положение точки на местности (например, урез воды, угол сарая и т. п.).

Одновременно с измерениями ведут абрис тахеометрической съёмки рис.

16. На абрисе показывают контуры и предметы местности, пикетные точки и

их номера. Линии равномерного ската местности показывают на абрисе стрелками.

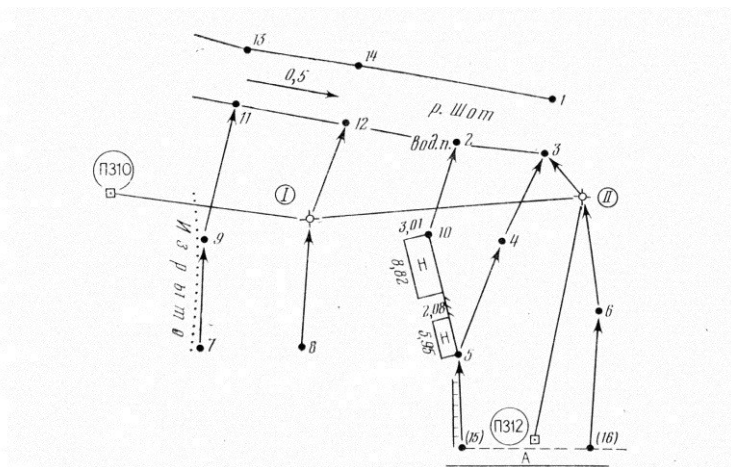


Рис. 16. Абрис тахеометрической съмки

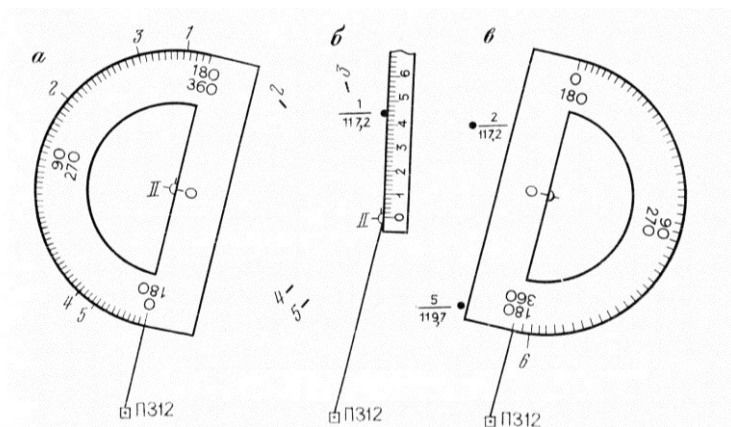


Рис. 17. Схемы построения при нанесении на план пикетных точек:
 а – полярных углов от 0 до 180°; б – полярных расстояний; в –
 полярных углов от 180° до 360°

В журнал тахеометрической съёмки из ведомости вычислений высот точек съёмочного обоснования выписывают отметки $H_{ст}$ станции с округлением их до сантиметров. Место нуля МО вертикального круга определяют заранее и тоже выписывают в журнал съёмки.

Построение плана тахеометрической съёмки осуществляют в такой последовательности.

Обработка журнала тахеометрической съёмки

Обработку начинают с вычисления углов наклона на пикетные точки по формулам:

для теодолита Т 30:

$$\nu = Л - МО = МО - П - 180^\circ;$$

для теодолита 2Т 30:

$$\nu = Л - МО = МО - П.$$

Полученные значения углов наклона записывают в графу 5 журнала.

Далее по формуле $D = Kn + c$ вычисляют наклонные расстояния. Так как у современных теодолитов коэффициент дальномера $K = 100$, а постоянное слагаемое c близко к нулю, то отсчёт по дальномеру n в сантиметрах равен наклонному расстоянию D в метрах. Горизонтальные положения линий (полярные расстояния) вычисляют на микрокалькуляторах по формуле $d = D \cos^2 \nu$ и записывают в журнал в графу 6.

Затем на микрокалькуляторе последовательно по формулам:

$$h' = d \operatorname{tg} \nu \text{ и } h = h' + i_T - \nu$$

вычисляют превышения между станцией и пикетными точками. Результаты вычислений записываются соответственно в графы журнала 7 и 9.

Обработку журнала завершают вычислением отметок H_i пикетных точек по формуле $H_i = H_{ст} + h_i$ и проверкой вычислений во вторую руку.

Нанесение на план пикетных точек

Нанесение на план пикетных точек производят по полярным углам из графы 3 журнала тахеометрической съёмки и полярным расстоянием из графы 6.

Полярные углы откладывают на станции геодезическим транспортиром с точностью до $\frac{1}{4}$ наименьшего деления ($30'/2 = 7,5'$) в такой последовательности:

- устанавливают центр транспортира «0» на изображение станции на плане и совмещают нулевое деление транспортира со стороной съёмочного обоснования, принятой за полярную ось (рис. 17, а);

- точками отмечают на плане отсчёты, соответствующие полярным углам со значениями от 0 до 180° , и подписывают номера пикетов;

- последовательно прикладывают к полученным направлениям линейку с миллиметровыми делениями и откладывают по ней соответствующие полярные расстояния в масштабе плана (рис. 17, б);

- у полученных точек подписывают их номера и высоты, округляя их до 0,1 м;

- укладывают транспортир так, чтобы с полярной осью на станции совпадал отсчёт 180° , и откладывают полярные углы со значениями от 180 до 360° по внутренней (красной) оцифровке (рис. 17, в);

- откладывают по полученным направлениям полярные направления, отмечают и подписывают пикетные точки.

Нанесение на план пикетных точек облегчается при использовании круглого транспортира (рис. 17, *а*) или тахеографа (рис. 17, *б*). При работе с круглым транспортиром отпадает необходимость в его повороте на 180° для построения полярных углов в пределах от 180 до 360° .

При использовании тахеографа, деления которого подписаны против часовой стрелки, совмещают с полярной осью на станции отсчёт, соответствующий полярному углу на пикет, и по линейке тахеографа откладывают полярные расстояния.

Одним из перечисленных способов наносят все пикетные точки, которые являются основой построения ситуации и проведения горизонталей.

Построение ситуации и проведение горизонталей

Для построения ситуации, сообразуясь с зарисовками на абрисе тахеометрической съёмки (рис. 16, по соответствующим пикетным точкам на плане проводят контуры угодий и предметов местности. В нашем примере соединяют плавной кривой пикетные точки *1*, *14*, *13* и получают изображение левого берега р. Шот.

Отдельные строения наносят на план с использованием результатов их обмера. Так получены изображения одноэтажных нежилых зданий (сараяв) по линии пикетов *5 – 10*.

Рельеф местности при тахеометрической съёмке отображают горизонталями. Для этого по линиям равномерных скатов, обозначенных на абрисе стрелками, выполняют интерполяцию, т. е. получают промежуточные значения по известным значениям крайних точек.

Для примера рассмотрим интерполяцию по линии равномерного ската, ограниченной пикетными точками *4* и *5* с отметками $118,4$ и $119,7$ м.

Начинают с определения отметок горизонталей, располагающихся между этими точками. При высоте сечения рельефа 0,5 м горизонтали имеют отметки 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 м и т. д., т. е. они кратны 0,5 м. Поэтому между точками с отметками 118,4 и 119,7 располагаются горизонтали с отметками 118,5; 119,0; 119,5 м.

Для определения местоположения точек с этими отметками на линии пикетов 4-5 применим графический способ интерполирования. В этом способе на листе прозрачной бумаги (кальки) проводят через равные расстояния параллельные линии и подписывают их отметками горизонталей. Такой лист называют палеткой. В нашем примере линии на палетке имеют подписи 118,0; 118,5; 119,0; 119,5 и 120,0 м (рис. 18).

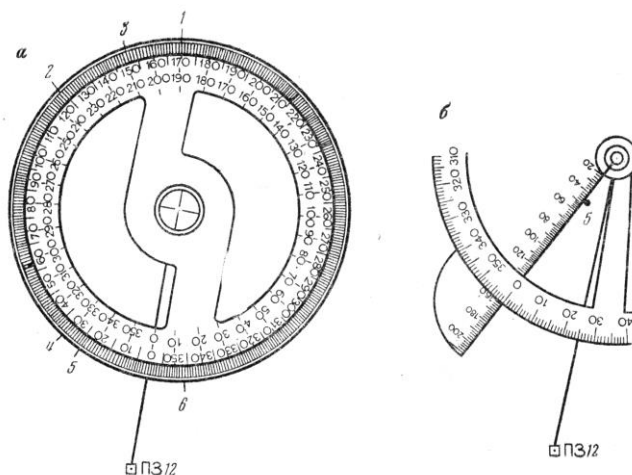


Рис. 18. Транспортиры: а – круглый; б - тахеограф

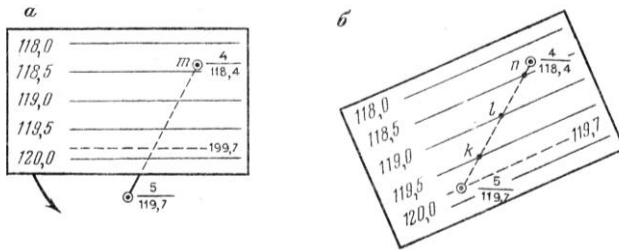


Рис. 19. Схема графической интерполяции при помощи палетки:
 а- начальное положение палетки; б – положение палетки после поворота

Для графического интерполирования на палетке находят точку 4 по отметке 118,4 и пунктиром проводят линию, соответствующую отметке точки 5 (119,7). Затем прикладывают палетку к плану таким образом, чтобы точка 4 на палетке совпала с точкой *m* на плане (рис. 19, а), и иглой циркуля-измерителя осторожно прокалывают кальку в точке *m*.

Удерживая иглу измерителя неподвижно, поворачивают вокруг неё палетку до совмещения линии 119,7 кальки с видимой через неё точкой 5 плана (рис. 19, б). Закрепив в этом положении палетку, перекалывают на план точки *n*, *l* и *k* пересечения линий кальки с линией 4-5 плана. Полученные точки отмечают на плане и подписывают их отметки. Эти точки являются изображениями точек местности с отметками соответственно 118,5, 119,0 и 119,5 м.

Аналогичные интерполирования производят на плане по всем линиям равномерных скатов, обозначенные на абрисе стрелками. Соединяя точки с одинаковыми отметками линиями, скруглёнными в перегибах, получают горизонтали.

Построение изобат по промерам глубин

Для выполнения промерных работ вдоль берега реки прокладывают магистральный ход и осуществляют построение промерных створов реки. Пункты магистральных ходов служат обоснованием русловых съёмок, а по поперечным створам осуществляют промеры глубин.

Конечные точки промерных створов закрепляют деревянными кольями, забиваемыми в кромку берега вровень с поверхностью воды. Плановое их положение определяют с магистрального хода способами, используемыми при съёмке ситуации, отметки – геометрическим нивелированием.

При выполнении промерных работ на конечные точки промерного створа натягивают маркированный трос. Маркировку (разметку) троса производят в зависимости от требований к частоте промерных точек по створу. Для небольших речек (шириной до 20 м) промерные точки располагают на расстоянии от 3 до 5 м друг от друга.

Около каждой марки троса с лодки рейкой или шестом с делениями измеряют глубину реки, а результаты записывают в специальный журнал.

Журнал промеров глубин

Дата: 11/07 – 89 г. Время: 12 ч. 40 м. – 16 ч. 28 м.

Река: Шот Участок: водомерный пост № 8

Наблюдатель: *Иванов А. А.* Записывал: *Карцева И. П.*

Номер про- мерной точки	Глубина, м		
	Профиль 1	Профиль 2	Профиль 3
	пикет 11 – пикет 13	пикет 12 – пикет 14	пикет 3 – пикет 1
1	0,68	0,54	0,56
2	1,63	0,98	1,30
3	1,83	1,22	2,00
4	1,94	2,48	2,32
5	1,52	2,42	2,01
6	1,02	1,49	1,02
7	0,50	0,38	0,35
8	0,15	-	-

Примечания: 1) результаты нивелирования начальных точек створов до и после промеров глубин приведены в журнале нивелирования;

2) промерные точки расположены по створам через 3 м.

В рассматриваемом примере промерные створы на реке Шот совмещены с пикетными точками тахеометрической съёмки. Схема расположения

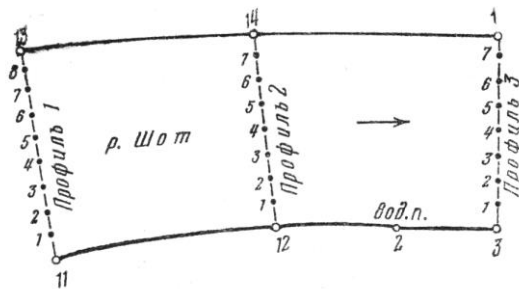


Рис. 20. Схема промеров глубин р. Шот

поперечных профилей приведена на рис. 20, а журнал промеров глубин – в табл. (см. выше).

На плане для построения изобат (линий равных глубин) точки поперечных профилей 11-13, 12-14 и 3-1 соединяют тонкими линиями, и начиная с начальных точек створов 11, 12 и 3, в масштабе плана последовательно откладывают отрезки, равные расстоянию между промерными точками (в нашем примере 3 м). Для каждой точки выписывают её номер и глубину.

На основе этих данных проводят изобаты. Построение изобат осуществляют так же как при построении горизонталей.

После проведения изобат вспомогательные построения на плане стирают, оставляют некоторые значения глубин в наиболее характерных местах дна реки.

Оформление плана

Оформление плана начинают с построения рамки (рис. 21). Внутренние границы рамки располагают параллельно линиям координатной сетки. Эти линии могут совпадать с сеткой или отстоять от неё на целое число сантиметров, т. е. оцифровка рамки должна быть кратна 5 м. Границы рамки должны быть по возможности ближе к границам участка съёмки.

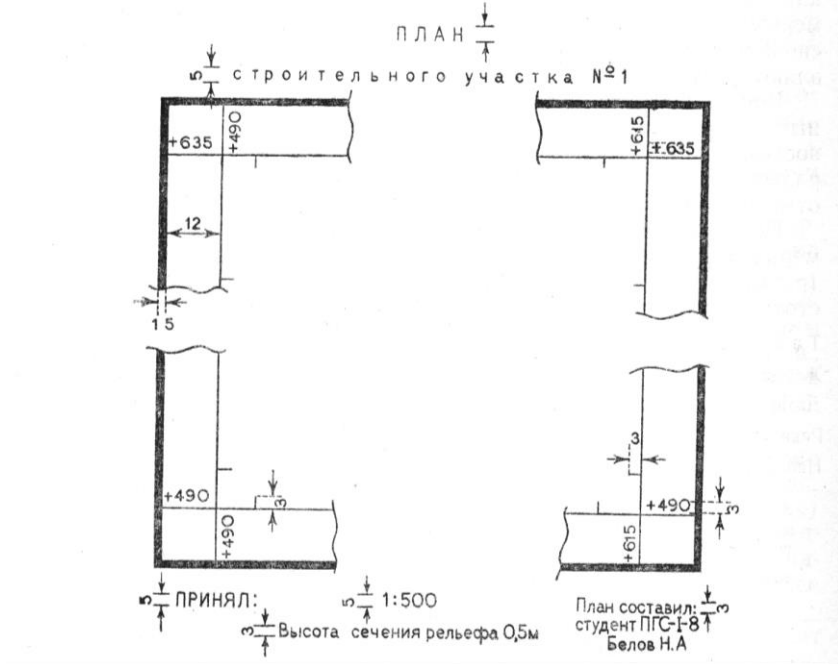


Рис. 21. Рамка и зарамочное оформление топографического плана

Координаты всех углов внутренней рамки подписывают. Остальные элементы рамки оформляют по размерам (в миллиметрах), показанных на рис. 21. Кроме того, на внутренней границе рамки наносят выходы координатной сетки.

После построения рамки приступают к вычерчиванию ситуации. Элементы ситуации вычерчивают тушью в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500». При

составлении планов крупных городов целесообразно пользоваться «Условными знаками для топографических планов масштаба 1:500».

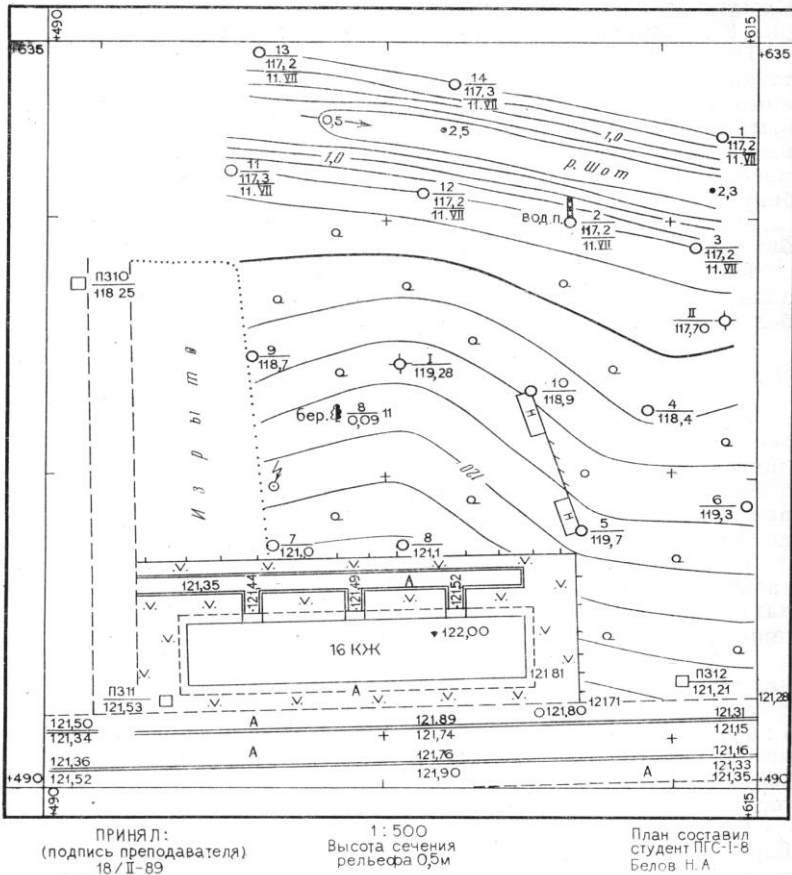


Рис. 22. Топографический план строительного участка

Большинство условных знаков вычерчивают чёрным цветом. Берега водоёмов, кресты координатной сетки и изобаты вычерчивают зелёным цветом. Водные поверхности на плане закрашивают бирюзовым цветом, а проезжие части дорог, улицы и участки с искусственным покрытием – розовым цветом.

После оформления ситуации приступают к вычерчиванию горизонталей и изобат. Горизонтали изображают линиями коричневого цвета (жжёной сиеной) толщиной 0,1 мм. Горизонтали кратные 2 мм утолщают, а кратные 5 м подписывают. Основания цифр при этом необходимо располагать вниз по склону. Изобаты вычерчивают зелёным цветом. Этим же цветом обозначают и подписывают глубины характерных точек дна реки.

Завершают работу зарамочным оформлением плана. Образец подписей и высоты букв показан на рис. 21. Все подписи делают чертёжным шрифтом. Образец топографического плана масштаба 1:500 дан на рис. 22.

Задание 2. По результатам измерений, приведённым в журнале промеров глубин, и схеме расположения промерных профилей провести на топографическом плане изобаты и показать глубины характерных точек дна.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ

1. Исследование точности построения в натуре точки с проектной отметкой различными способами.
2. Исследование точности различных способов разбивки основных осей зданий.
3. Сравнение различных способов разбивки красных линий, линий застройки и границ участков.
4. Высотное обоснование при возведении крупных гидротехнических сооружений.
5. Разбивка оси подводных траншей магистральных трубопроводов на переходах через большие водоёмы.
6. Вертикальная планировка с использованием оформляющих поверхностей второго порядка.
7. Наблюдение за креном башни «Пушкинская».
8. Применение автоколлимационного теодолита ЗТ2КА в инженерной геодезии.
9. Способы определения устойчивости глубинных и фундаментальных реперов при наблюдениях за осадками зданий.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое пикетаж и плюсовая точка ?
2. В каком масштабе составляют профиль по горизонтали и вертикали ?
3. Что такое уклон ?
4. Как вычисляют проектные отметки точек ?
5. Что такое рабочие отметки и как их вычислить ?
6. Как вычислить расстояния до точки нулевых работ и определить её отметку ?
7. Назовите элементы круговых кривых.
8. Как определить пикетаж в главных точках круговой кривой ?
9. Как определить длину и дирекционный угол прямолинейного участка трассы ?
10. Какие сведения о существующей местности показывают на профиле подземных коммуникаций ?
11. Перечислите проектные значения величин, которые показывают на профиле трубопровода.
12. Как вычислить глубину колодцев ?
13. Изложите методику вычисления превышений между существующими и запроектированными трубопроводами.
14. С какой целью выполняют вертикальную планировку ?
15. Как вычислить координаты центра тяжести и его проектную высоту ?
16. Как вычисляют проектные высоты при проектировании наклонной площадки ?
17. Как определяют значения проектных уклонов по осям координат при проектировании наклонных площадок ?
18. Как изображают проектный рельеф ?

19. Расскажите о последовательности расчётов и графических построений при нанесении проектных горизонталей.
20. Значения каких величин приводят на картограмме земляных работ ?
21. Как по картограмме вычисляют объёмы земляных работ ?
22. Объясните, что такое условие баланса земляных масс.
23. Расскажите о расчётах при определении проектной высоты горизонтальной площадки.
24. Как определяют положение линии нулевых работ ?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев М. И., Михелев Д. Ш. Геодезия: учебник для сред. проф. образования. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 384 с.
2. Куштин И. Ф. Инженерная геодезия/ И. Ф. Куштин, В. И. Куштин– Ростов н/Д.: ФЕНИКС, 2006. – 416 с.
3. Федотов Г. А. Инженерная геодезия. – М.: Высш. шк., 2006. – 463 с.

Учебное издание

Составители:

КОПАНЕВА ИРИНА МИХАЙЛОВНА
РУБЛЕВА ЕЛЕНА АЛЕКСЕЕВНА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания по выполнению
контрольных работ

Подписано в печать 30.11.08. Формат 60x84¹/₁₆.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,63. Уч. – изд. л. 1,5.
Тираж 100 экз. Заказ № 757.

Издательство «Удмуртский университет»
426034, Ижевск, Университетская, д. 1, корп.4., каб. 207
Тел./факс: +7 (3412) 500-295 E-mail: editorial@udsu.ru