Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

В.А.Горбунова

ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания к контрольной работе

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 270800 «Строительство
в качестве электронного издания
для самостоятельной работы

Кемерово 2013

Рецензенты:

Шабаев С. Н. - к.т.н. , заведующий кафедрой автомобильных дорог

Соловицкий А. Н. - доцент кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

Угляница А, В. - председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 270800.62 "Строительство"

Горбунова Вера Акентьевна. Геодезия [Электронный ресурс]: методические указания к контрольной работе студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство», профиль 270815.62 «Автомобильные дороги» заочной формы обучения / В. А. Горбунова – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows 95; (CD-ROM-дисковод); мышь. – Загл. с экрана.

Включают краткое ознакомление с целью и содержанием контрольной работы, исходные данные для заданий, рекомендации по выполнению, список литературы, рекомендуемой для изучения.

© КузГТУ
© Горбунова В. А.

Содержание

1 Введение	4
2 Темы для самостоятельного изучения при выполнении контрольной работы	4
3 Вопросы для самоконтроля	6
4 Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы	11
5 Указания к выбору варианта и оформлению контрольной работы	12
6 Содержание контрольной работы	15
Задание 1	15
Задание 2	20
Задание 3	22
Задание 4	25
Задание 5	37
Приложение 1. Фрагмент топографической карты 1:10 000	44

1 Введение

Дисциплина «Геодезия» входит в базовую часть математического, естественнонаучного и общетехнического цикла. Целью освоения дисциплины является изучение теоретических и практических основ геодезии и топографии.

Задачи дисциплины – ознакомление с топографическими картами, используемыми при проектировании дорог, с назначением и устройством основных геодезических приборов, научить методам простейших геодезических измерений и их обработки.

Студенты заочной формы обучения изучают дисциплину в 3 семестре. На установочной лекции выдается задание к контрольной работе. Выполненная контрольная работа должна быть зарегистрирована методистом факультета заочного обучения и представлена на кафедру маркшейдерского дела, кадастра и геодезии для проверки до начала экзаменационной сессии. Без зачтенной контрольной работы студент не допускается к сдаче экзамена.

Целью контрольной работы по дисциплине «Геодезия» является систематизация и контроль теоретических знаний, практических навыков, формируемых у студентов при самостоятельном изучении дисциплины.

Ее выполнение следует начинать с освоения теоретического материала. Для этого прилагается список рекомендуемой литературы, имеющейся в фонде библиотеки КузГТУ, нормативная литература, Интернет-ресурсы.

В результате выполнения контрольной работы студент должен знать систему прямоугольных координат, порядок построения топографического плана, продольного и поперечного профиля трассы, уметь решать прямые и обратные геодезические задачи, обрабатывать полевые журналы технического нивелирования, определять абсолютные отметки пикетов и плюсовых точек, уклоны линий.

В период экзаменационной сессии проводятся лекционные, лабораторные и практические занятия по курсу. По окончании изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Примерный перечень вопросов к экзамену приведен в разделе 3.

2 Темы для самостоятельного изучения при выполнении контрольной работы

1. Общие сведения

Роль инженерной геодезии в проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. Нормативная база. Единицы измерений, применяемые в геодезии. Основные процессы геодезических работ. Основное содержание полевых и камеральных работ. Факторы, влияющие на результаты измерений. [1], гл. 1, 7; [2], гл.1, 8; [3], гл. 1.

2. Системы координат, применяемые в геодезии

Геодезия как геометрический метод изучения фигуры Земли и ее отдельных частей. Форма и размеры Земли. Земной эллипсоид, его параметры. Географическая система координат. Зональная система координат Гаусса-Крюгера. Местная и условная система прямоугольных координат. Пространственные системы координат. Полярная система координат. Плоская и пространственная полярная система. Система высот. Абсолютные и условные отметки. [1] гл. 2; [2] гл.2, 3; [3] гл. 1.

3. Понятие о топографических картах и планах

Понятие о плане, карте, профиле. Масштабы планов и карт.

Разграфка и номенклатура карт и планов. Способы изображения рельефа на планах и картах. Метод горизонталей. Основные формы рельефа, характерные точки и линии рельефа. Определение отметок точек и уклонов линий. Определение площадей по картам и планам. ГИС-технологии, электронные и цифровые планы, ЦММ. [1] гл. 3, 4, 5; [2] гл.5, 6, 7, 14; [3] гл. 1, 4, 5

4. Ориентирование линий на эллипсоиде и плоскости

Истинный азимут. Способы определения. Магнитный азимут. Склонение магнитной стрелки. Прямой и обратный азимут. Дирекционный угол. Передача дирекционных углов. Румб. Связь румба и дирекционного угла. Прямая и обратная геодезические задачи на плоскости. [1] гл. 4; [2] гл.4, 7; [3] гл. 1.

5. Геодезические сети и топографические съемки

Планово-высотная государственная геодезическая сеть**.** Закрепление пунктов сетей (центры и наружные знаки). Классы точности сетей. Основные геодезические методы построения се-

тей (полигонометрия, триангуляция, трилатерация, линейно-угловые построения, спутниковые геодезические технологии)

Государственные сети сгущения (ГСС). Съемочные сети. Каталоги координат и высот точек. Назначение съемочных работ. Горизонтальная, вертикальная и комбинированная съемки. [1] гл. 11–17, 21; [2] гл.11 –13, 15, 17, 18; [3] гл. 1 – 3, 6, 8, 10, 19.

6. Линейно–угловые измерения

Основные сведения о погрешностях результатов измерений. Равноточные и неравноточные измерения. Средние квадратические погрешности. Абсолютные и относительные погрешности. Понятие невязки.

Сущность линейных геодезических измерений. Прямые и косвенные методы измерения длин линий. Инструменты для линейных измерений. Их классификация. Точность линейных измерений. Приведение измеренных расстояний к горизонту.

Сущность измерения вертикальных и горизонтальных углов. Теодолиты и их классификация. Устройство теодолитов. Поверки и юстировка. Методика измерения горизонтальных и вертикальных углов. Ведение полевых журналов. [1] гл. 8 – 10; [2] гл.8 – 10; [3] гл. 2.

7. Измерение превышений

Сущность и методы нивелирования. Геометрическое нивелирование. Сущность. Устройство и поверки нивелира Н-3. Определение превышений. Понятие горизонта инструмента. Математическая обработка результатов технического нивелирования.

Тригонометрическое нивелирование. Сущность. Приборы, методика, точность. Влияние кривизны земли на горизонтальные и вертикальные расстояния и их учет при решении инженерных задач. [1] гл. 11, 12; [2] гл.15; [3] гл. 6.

8. Основные виды геодезических и топографических работ при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог

Понятие о трассировании. План трассы. Основные элементы круговой кривой. Продольный профиль. Поперечный профиль. Разбивка пикетажа. [1, гл. 24; 25].

3 Вопросы для самоконтроля

Тема 1

1. Геодезия как наука. Связь с другими науками. Значение геодезии.
2. Роль инженерной геодезии в проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.
3. Краткие сведения из истории геодезических работ. Основные этапы развития геодезии.
4. Земля как планета. Уровенные поверхности. Понятия: геоид, квазигеоид, общий земной эллипсоид.
5. Краткая характеристика основных процессов геодезического производства.
6. Назначение и сущность полевых работ.
7. Назначение и сущность камеральных работ.
8. Факторы, влияющие на результаты измерений
9. Единицы измерений, применяемые в геодезии.

Тема 2

1. Геодезия как геометрический метод изучения фигуры Земли.
2. Форма и размеры Земли.
3. Земной эллипсоид, его параметры.
4. Основные системы координат, применяемые в геодезии.
5. Методы проецирования, используемые в геодезии.
6. Система плоских прямоугольных координат. Зональная система.
7. Местная и условная система прямоугольных координат.
8. Система полярных координат. Область применения.
9. Система высот. Отметки точек. Превышение.
10. Абсолютные и условные отметки.
11. Система географических и геодезических координат.
12. Геоцентрическая и топоцентрическая системы координат.
13. Понятие о спутниковой системе определения координат и отметок.
14. Определить прямоугольные координаты точки на карте.

Тема 3

1. Графическое изображение Земли. Планы, карты, профили.

2. Виды масштабов. Точность масштаба.
3. Уклон. Заложение. Горизонтальное проложение. Масштабы заложений и уклонов.
4. Способы определения площадей по картам и планам.
5. Интерполирование горизонталей.
6. Система высот. Рельеф. Горизонтали. Понятия: абсолютная высота, высотная отметка, превышение, заложение.
7. Способы изображения на планах и картах рельефа и ситуации. Применяемые условные знаки.
8. Понятие о ГИС-технологиях.
9. Электронные и цифровые планы, цифровые модели местности.
10. Цифровая модель местности.
11. Понятие о разграфке и номенклатуре карт.
12. Понятие о разграфке и номенклатуре планов.
13. Измерить расстояние между точками на карте по поперечному масштабу.
14. Построить горизонтали по отметкам трех точек.
15. Вычислить уклон линии, заданной на карте.

Тема 4

1. Виды ориентирования. Азимуты, сближение меридианов, склонение магнитной стрелки.
2. Ориентирные углы и связь между ними.
3. Прямая геодезическая задача.
4. Обратная геодезическая задача.
5. Передача дирекционных углов.
6. Румб. Связь румба и дирекционного угла.
7. Определить на карте дирекционный угол и румб заданной линии.
8. Вычислить значения дирекционных углов по известным румбам.
9. Определить магнитный азимут линии по карте.
10. Определить истинный азимут линии по карте.
11. Решить обратную геодезическую задачу.
12. Решить прямую геодезическую задачу.

Тема 5

1. Классификация геодезических сетей, принцип их построения.
2. Высотные геодезические сети. Методы построения.
3. Общие сведения о плановых геодезических сетях. Классификация. Методы построения.
4. Классы точности сетей .
5. Закрепление геодезических пунктов на местности (центры и наружные знаки).
6. Каталоги координат и высот точек.
7. Государственные сети сгущения (ГСС) и съемочные сети.
8. Способы создания планового съемочного обоснования. Виды теодолитных ходов.
9. Последовательность работ при закладке теодолитного хода.
10. Алгоритм вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода.
11. Вычисление приращений в замкнутом теодолитном ходе.
12. Вычисление дирекционных углов в теодолитном ходе. Контроль.
13. Съемочные работы. Сущность и назначение. Классификация видов съемок.
14. Горизонтальные съемки. Виды. Содержание.
15. Вертикальные съемки. Виды. Содержание.
16. Виды топографических съемок.
17. Тахеометрическая съемка. Полевые и камеральные работы
18. Порядок работ при тахеометрической съемке.
19. Теодолитная съемка. Сущность, виды.
20. Определить превышение и горизонтальное проложение по тахеометрическим таблицам или формулам.
21. Подсчитать угловую и линейную невязки в замкнутом теодолитном ходе.

Тема 6

1. Понятие погрешности измерений, классификация.
2. Основные виды погрешностей измерения. Невязка.
3. Классификация приборов для измерения расстояний.
4. Методика измерений мерными лентами, точность измерений.
5. Принцип измерения расстояний оптическими дальномерами. Методика измерения расстояний нитяным дальномером.

6. Точность линейных измерений. Приведение измеренных расстояний к горизонту
7. Теодолиты и их классификация.
8. Поверки и юстировки оптического теодолита 2Т30М.
9. Теодолит 2Т30М. Основные оси и соотношения между ними.
10. Что такое место нуля теодолита? Поверка места нуля. Измерение вертикального угла.
11. Принцип измерения горизонтальных углов. Методика измерения.
12. Ведение полевых журналов.
13. Выполнить оценку точности линейных измерений.
14. Выполнить оценку точности угловых измерений.
15. Измерить вертикальный угол теодолитом.
16. Определить расстояние по нитяному дальномеру.
17. Привести теодолит в рабочее положение (показать практически).
18. Измерить горизонтальный угол способом полного приема.
19. Поверка цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга теодолита.

Тема 7
1. Методы определения превышений и отметок.
2. Геометрическое нивелирование простое и сложное.
3. Нивелирование «из середины»
4. Нивелирование «вперед».
5. Устройство нивелира Н3.
6. Основные оси нивелира Н3 и соотношение между ними.
7. Поверки оптического нивелира типа Н3.
8. Поверка круглого уровня нивелира. Поверка главного условия нивелира (угла i).
9. Поверки и исследования нивелирных реек.
10. Работа на станции при техническом нивелировании.
11. Порядок работ при техническом нивелировании трассы.
12. Тригонометрическое нивелирование. Сущность. Приборы, методика, точность
13. Влияние кривизны земли на горизонтальные и вертикальные расстояния и их учет при решении инженерных задач

14. Вычислить невязку превышений при техническом нивелировании.
15. Выполнить постраничный контроль при техническом нивелировании.
16. Определить нивелиром превышение на станции.
17. Вычислить отметки точек в нивелирном ходе.
18. Поверка круглого уровня нивелира.

Тема 8
1. Понятие о трассировании.
2. План трассы. Продольный профиль. Поперечный профиль.
3. Пикетажный журнал. Разбивка пикетажа.
4. Основные элементы круговой кривой при линейном трассировании.
5. Основные элементы трассы. Привязка трассы.
6. Определение проектных элементов трассы.
7. Построение профиля по результатам полевого трассирования.
8. Основные геодезические разбивочные работы. Вынос точек с заданной отметкой.
9. Принцип построения на местности проектной линии.
10. Определение высоты сооружения косвенным способом.
11. Способы перенесения на местность точек и осей сооружений. Способ прямоугольных координат. Полярный способ.
12. Способы перенесения на местность точек и осей сооружений Способ угловых засечек. Способ линейных засечек. Способ створов.
13. Определить основные элементы круговой кривой по таблицам Митина.
14. Рассчитать проектные отметки трассы по уклону *i* и черным отметкам.
15. Рассчитать геодезические данные для выноса точки способом полярных координат.

4 Рекомендуемая литература и Интернет–ресурсы

1. Геодезия и маркшейдерия (раздел Геодезия) [Электронный ресурс] лабораторный практикум / В. А. Горбунова, Г. А. Корецкая; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т

им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии. – Кемерово, 2013. – 162 с. Режим доступа – http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=3375

2. Горбунова В. А. Инженерная геодезия: учеб. пособие [Электронный ресурс] / В.А. Горбунова, ГУ КузГТУ.– Кемерово, 2012. – 193 с. Режим доступа – http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90599&type=utchposob:common

3. Инженерная геодезия: учебник / Е. Б. Клюшин [и др.]; под ред. Д. Ш. Михелева. – М.: Академия, 2008. – 480 с.

4. Митин, Н. А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах / Н. А. Митин. – М.: Недра, 1978. – 469 с.

5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Утв. ГУГК при Совете Министров СССР 25.11.86 / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2000. – 286 с.

6. Учебная геодезическая практика: программа и методические указания для студентов специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» очной формы обучения / сост. В. А. Горбунова, ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2011. – 54 с. Режим доступа – http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=419

7. Федоров, В. И. Инженерная геодезия : учебник для студентов автомоб.-дор. специальностей вузов / В. И. Федоров, П. И. Шилов.. – М.: Недра, 1982. – 357 с.

8. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Автомобильные дороги и аэродромы», «Мосты и транспортные тоннели» направления «Строительство». – М.: Высш. шк., 2007. – 463 с.

9. ГОСТ 2.105-95*. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам [Текст] / Госстандарт РФ. – Введ. 01-07-1996. Взамен ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.906-71. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 36 с.

10. ГОСТ Р 21.1701 – 97 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог [Текст] / Минстрой России. – М. : Стройиздат. 1997. – 34 с.

11. http://www.geoprofi.ru – Электронный журнал по геодезии, картографии и навигации

12. http://www.gisa.ru – сайт ГИС–Ассоциации, межрегиональной общественной организации содействия развитию рынка геоинформационных технологий и услуг

13. http://journal.miigaik.ru/ – *о*фициальный сайт Московского государственного университета геодезии и картографии, электронный журнал «Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка»

5 Указания к выбору варианта и оформлению контрольной работы

Каждое контрольное задание состоит из 30 вариантов. Номер варианта определяется двумя последними цифрами номера зачетной книжки (табл. 1).

Таблица 1

Выбор номера варианта

Две последние цифры зачетной книжки	Как подсчитать номер варианта
1–30	соответствует номеру варианта
31–60	вычесть 30
61–90	вычесть 60
91–100	вычесть 90

Результаты выполнения контрольной работы представляются на бумажном носителе. К оформлению отчета по контрольной работе предъявляются следующие требования:

1. Контрольная работа должна быть выполнена на одной стороне листов бумаги формата А4 в одну колонку, со следующими установками:

– параметры страниц: все поля 1,5 см; колонтитулы от края – 1,25 см; ориентация книжная, альбомная ориентация допустима только для отдельных страниц с таблицами и ведомостями (для этих станиц разрешается уменьшать поля).

– шрифт *Times New Roman*, размер 14, междустрочный интервал одинарный, перенос слов в документе автоматический, (в отдельных сложных ведомостях и журналах разрешается применять шрифт размером 12).

2. Иллюстрации выполняются в графических редакторах, черными чернилами, пастой или тушью с соблюдением условных обозначений [5, 10].

3. В целом контрольная работа должна быть оформлена согласно принятым требованиям для технического текста [9]., все рисунки, таблицы, формулы пронумерованы, даны ссылки на литературные источники и т. д.

4. При оформлении задания сначала приводится условие, исходные данные по варианту согласно методическим указаниям, а затем – решение.

5. Листы скрепляются в папке-скоросшивателе. На титульном листе контрольной работы указываются название дисциплины, номер зачетной книжки студента, его фамилия, имя, отчество, группа, номер варианта, а также фамилия, имя, отчество преподавателя кафедры, которому работа предъявляется для проверки (определяется согласно учебному графику).

6. На второй странице указывается содержание контрольной работы с указанием страниц по заданиям.

7. Страницы контрольной работы должны быть пронумерованы.

8. Выполненная контрольная работа обязательно должна содержать следующие приложения:

– фрагмент топографической карты 1:10 000;

– журнал технического нивелирования по трассе;

– продольный профиль трассы;

– поперечный профиль трассы;

– ведомость вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода;

– план участка.

План трассы выполняется на чертежной бумаге формата А4, продольный и поперечный профили на миллиметровой бумаге формата А3.

Ведомости и журналы должны быть выполнены по стандартным формам в машинописном виде.

6 Содержание контрольной работы

Контрольная работа включает следующие задания:

1. Топографическое описание местности. Определение площади по топографическому плану.

2. Определение координат точек на топографических картах.

3. Решение прямой и обратной геодезических задач.

4. Математическая обработка результатов технического нивелирования по трассе. Построение продольного и поперечного профилей трассы.

5. Математическая обработка результатов измерений в разомкнутом теодолитном ходе. Построение плана участка.

Подробное описание заданий и методические указания по их выполнению приведены ниже.

Для расчетов следует использовать микрокалькуляторы инженерно-технического назначения, персональный компьютер, вспомогательные таблицы (тригонометрических функций, для расчета круговых кривых).

Задание 1

Топографическое описание местности. Определение площади по топографическому плану

Цель: научиться читать информацию, представленную на топографических картах, для дальнейшего ее использования в изысканиях, проектировании и строительстве объектов.

Исходные данные: 1. Топографическая карта масштаба 1:10 000, приведенная в приложении 1. Для выполнения контрольной работы ее следует распечатать. Обратите внимание, что координатная сетка распечатанной карты должна иметь размер 10×10 см.

2. В соответствии с вариантом (табл. 2) на топографической карте вычертить ломаную линию – ось трассы. Эта трасса будет исходной для выполнения последующих заданий.

Таблица 2

Исходные данные для выполнения задания 1

Вариант	Точки	Вариант	Точки	Вариант	Точки
1.	1–5–7–15–24	11.	11–14–17–23–28	21.	21–20–17–13–1
2.	2–8–16–18–25	12.	12–15–19–20–27	22.	22–18–15–14–5
3.	3–7–14–23–28	13.	13–14–19–21–30	23.	23–20–25–22–12
4.	4–11–19–21–26	14.	14–19–18—16–4	24.	24–21–16–7–1
5.	5–6–8–16–26	15.	15–13–1–3–9	25.	25–27–17–10–3
6.	6–16–18–21–23	16.	16–8–3–5–17	26.	26–25–19–14–5
7.	7–10–17–23–29	17.	17–19–16–9–4	27.	27–24–19–16–8-
8.	8–11–14–17–27	18.	18–22–30–29–17	28.	28–25–18–11–2
9.	9–15–19–24–29	19.	19–18–12–11–1	29.	29–30–22–19–12
10.	10–11–16–18–30	20.	20–25–22–16–7	30.	30–20–15–14–10

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с классификацией условных знаков [5]. Изучить условные знаки, применяемые для отображения на карте ситуации и рельефа.

2. Вычертить условные знаки для топографических планов в масштабе 1:2000 по нескольким группам: геодезические пункты, строения и промышленные объекты, дороги, гидрография и рельеф, растительность. Знаки разместить по образцу таблицы 3. Знаки вычерчивать на чертежной бумаге формата А4 цветной тушью или капиллярными ручками, максимально соблюдая требуемый цвет, толщину линий.

Таблица 3

Условные знаки, подлежащие вычерчиванию в задании 1

№ знака	Наименование объекта	Условный знак
	Геодезические пункты	
I		
3		
5(2)		
11(2)		
12		
	Строения и промышленные объекты	
13		
16		
114		
117 (1)		
	Дороги	
188		
189		

№ знака	Наименование объекта	Условный знак
191		
197 (2)		
200 (1)		
206 (1)		
209 (1)		
210 (1)		
	Гидрография и рельеф	
213		
237		
238		
323 (1, 3)		
324		
329 (1,2,3,6,7)		
330		
	Растительность	
366		
367		
368		
395 (2)		
401		
417		
468 (1)		

3. Выполнить описание полосы местности вдоль трассы (200 м влево и 200 м вправо), соответствующей варианту.

Изучение участка местности по топографической карте и составление его описания выполняют в следующей последовательности.

Вначале бегло дают характеристику рельефа (равнинный, холмистый, овражно-балочный, горный).

Затем дают общую характеристику ситуации (залесенность, заболоченность, водные преграды, развитие дорожной сети).

Затем более подробно изучают:

– геодезические пункты, их характеристику;

– характеристику рельефа (наличие отдельных возвышенностей и понижений, оврагов, крутизна их склонов, расположение основных водоразделов, характер долин, лощин, оврагов, направление общего понижения рельефа и др.);

– гидрографию (реки, озера, болота, ручьи, направление и скорость течения глубина, характеристика пойм, проходимость, характер берегов, осыпи, обрывы, заросли);

– растительность (местоположение и площади лесных массивов, породы, высота и толщина деревьев, среднее расстояние между ними, просеки, вырубки, участки с посаженным молодым или горелым лесом, кустарники, луга, их характеристика);

– населенные пункты (тип поселения, названия, численность, число домов, характер планировки, характеристика зданий, наличие социально-культурных объектов);

– промышленные, энергетические и сельскохозяйственные предприятия, дают их характеристику;

– разработки полезных ископаемых;

– пути сообщения и связи (железные и автомобильные дороги, аэродромы, гавани, пристани, трубопроводный транспорт, линии связи, тип покрытия, ширина дорожного полотна и проезжей части, насыпи, выемки, мосты, трубы, переправы, наибольшие подъемы, спуски, число железнодорожных путей, станций, искусственные сооружения).

4. Указать наивысшую и наименьшую отметки на маршруте.

5. Изучить, как по карте определяются границы бассейна. Линии, соединяющие между собой наиболее высокие точки рельефа, называют **водоразделами**, а линии, соединяющие самые низкие точки рельефа – **тальвегами, водосборными линиями**. Территория, с которой вода, образующаяся на поверхности земли от атмосферных осадков по условиям рельефа, называется водосбором или водосборным бассейном. Бассейн ограничивается в верхней части и с боков водораздельными линиями, в нижней части – плотиной или земляным полотном дороги. В точке пересечения земляного полотна с тальвегом устраивают водопропускное сооружение, например, мост или трубу.

6. На заданном маршруте определить все водоразделы и тальвеги, нанести их на карту. Показать места для водопропускных сооружений, мостов.

7. На заданном маршруте определить и вычертить на карте границы водосборного бассейна. Пример вычерчивания водосборной площади приведен на рис. 1.

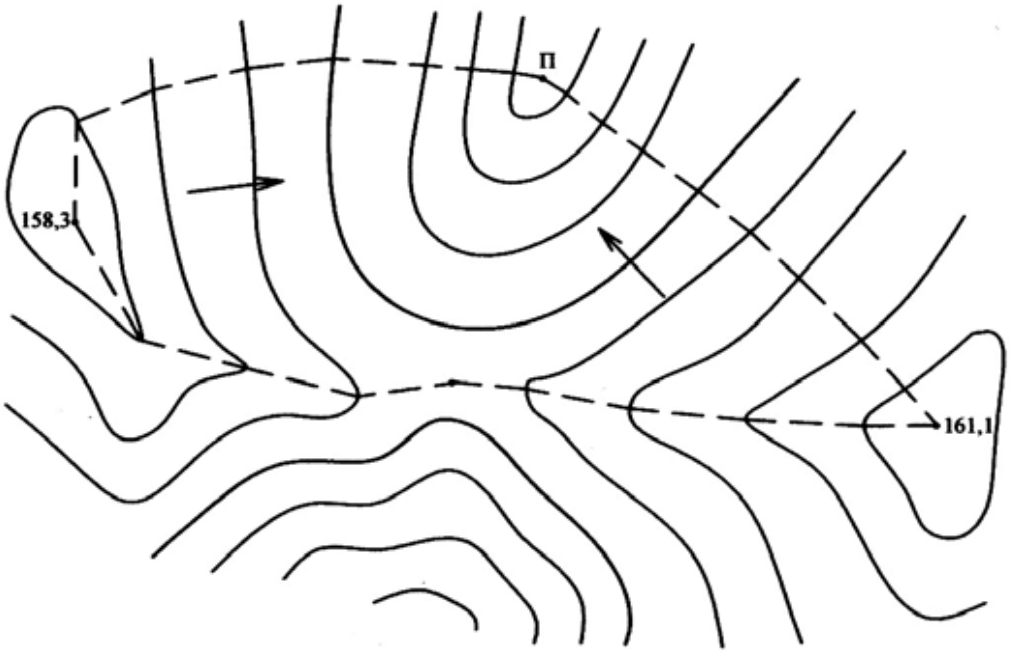


Рис. 1. Пример вычерчивания водосборной площади

8. Измерить площадь бассейна графическим способом – квадратными палетками [1, 5]. Палетки изготавливают из прозрачного материала – лавсана, пленки, кальки. Размер квадратов принять 2–5 мм. Площадь участка, определяемая квадратной палеткой, складывается из суммы площадей квадратов, закрывающих фигуру (рис. 2). Подсчитывают число целых квадратов *n*, площади неполных фигур учитывают на глаз. В соответствии с масштабом карты или плана вычисляют площадь отдельного квадрата, и затем площадь всей фигуры.

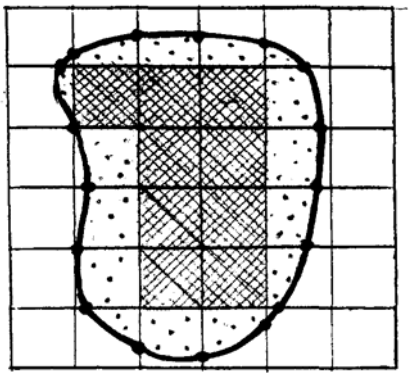


Рис. 2. Подсчет площади водосборного бассейна палеткой

Задание 2

Определение пространственных координат точек на топографических картах

Цель: освоить методику определения координат точек как самый популярный способ предоставления геопространственных данных, в том числе в дорожном строительстве.

Исходные данные: см. задание 1.

Порядок выполнения задания

1. По карте на основе координатной сетки определить прямоугольные координаты *X, Y* заданных по варианту точек (табл. 1) и записать их значения, выраженные в метрах, в каталог координат (табл. 4, графы 1–3).

Таблица 4

Каталог координат точек

Точка (№ точки по варианту)	Координаты, м		Отметка *H*, м	Дирекционный угол стороны α, ° ′ ″	Горизонтальное проложение, м
	X	*Y*			
1	*2*	*3*	4	5	6
1 ( )	X_1	Y_1	H_1	–	–
				α_{1-2}	D_{1-2}
2 ( )	X_2	Y_2	H_2		
				α_{2-3}	D_{2-3}
3 ( )	X_3	Y_3	H_3		
				α_{3-4}	D_{3-4}
4 ( )	X_4	Y_4	H_4		
				α_{4-5}	D_{4-5}
5 ( )	X_5	Y_5	H_5		
				–	–

Для измерения прямоугольных координат заданной точки вначале определяют в метрах координаты юго-западного угла квадрата X_0 и Y_0. Затем из точки опускают перпендикуляры на южную и западную стороны квадрата – приращения координат ΔX и ΔY и измеряют их в масштабе карты (рис. 3).

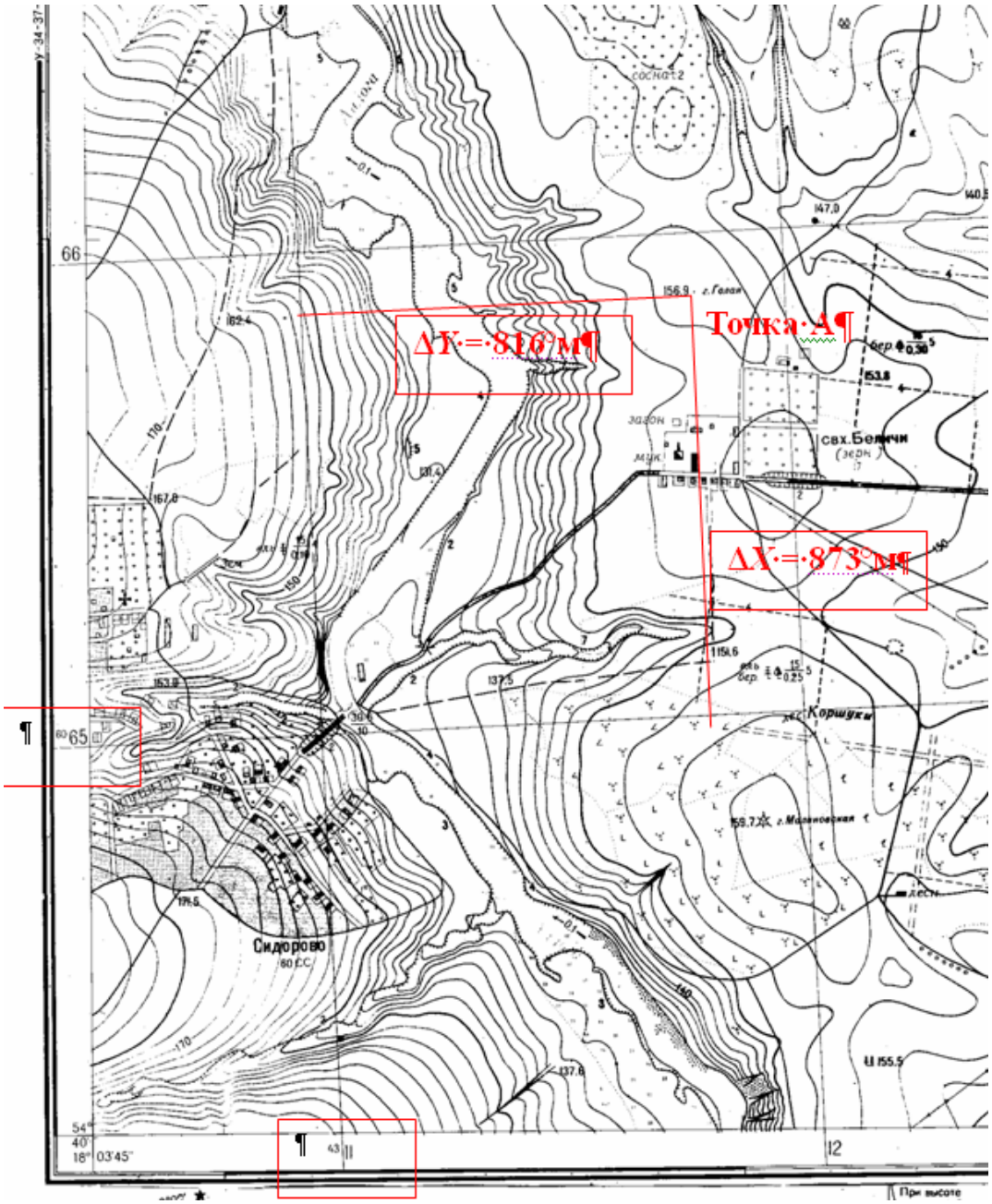


Рис. 3. Определение прямоугольных координат по карте масштаба 1:10 000

Прямоугольные координаты точки *A* вычисляют:

$$X_A = X_0 \pm \Delta X\,;\; Y_A = Y_0 \pm \Delta Y\,.$$

В рассматриваемом примере (рис. 1) прямоугольные координаты ЮЗ угла следующие:

X_0 = 6065 км = 6 065 000 м; Y_0 = 4311 км = 4 311 000 м.

Измеренные по карте с учетом масштаба приращения:

$\Delta X = 873$ м; $\Delta Y = 816$ м.

Прямоугольные координаты точки *А* (вершина г. Голая):

абсцисса $X_A = 6\,065\,000$ м + 873 м = 6 065 873 м;

условная ордината: $Y_A = 4\,311\,000$ м + 846 м = 4 311 846 м.

Контроль вычислений осуществляют путем аналогичного измерения приращений $\Delta X'$ и $\Delta Y'$ от данной точки до северной и восточной сторон квадрата с координатами X_0' и Y_0'. Повторные значения координат вычисляют: $X'_A = X'_0 \pm \Delta X'$; $У'_A = У'_0 \pm \Delta У'$.

2. Определить отметки *H* заданных по варианту точек на основе горизонталей и записать результаты, выраженные в метрах, в табл. 3, графа 4.

Для определения отметок точек, лежащих между горизонталями, применять интерполирование на глаз или аналитическое. Для вычисления отметок горизонталей следует пользоваться их надписями, значением высоты сечения горизонталей, отметками дополнительных точек, применять правило подписей горизонталей, указатели бергштрихов, другими подсказками.

Например, точка на вершине г. Горелая имеет отметку *H*=156,9 м.

Задание 3

Решение прямой и обратной геодезических задач

Цель: освоить решение главных геодезических задач, которые лежат в основе инженерно-геодезических работ.

Исходные данные: см. задание 1.

Порядок выполнения задания

1. Изучить сущность и порядок решения обратной геодезической задачи.

Дано: прямоугольные координаты начальной (I) и конечной точек (II) линии I–II. Обратите **внимание**, что при решении задач по каждой отдельной линии это будут разные точки. **Помните**, что линия I–II имеет иную ориентировку, чем линия II–I.			
X_I = ___ м	X_{II} = ___ м	Y_I = ___ м	Y_{II} = ___ м
Найти:			
горизонтальное проложение линии		дирекционный угол линии	

$D_{I–II}$=?	$\alpha_{I–II}$=?

Порядок решения обратной геодезической задачи:

Вычисляют приращение координат по оси X:

$$\Delta X_{I–II} = X_{II} - X_{I}.$$

Если приращение $\Delta X_{I–II}$ положительное, линия имеет северную ориентировку, если отрицательное – южное.

Вычисляют приращение координат по оси Y:

$$\Delta Y_{I–II} = Y_{II} - Y_{I};$$

Если приращение $\Delta Y_{I–II}$ положительное, линия ориентирована на восток, отрицательное – на запад.

Полную ориентировку линии относительно сторон света (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ) записывают ниже, в строку румба $r_{I–II}$.

Вычисляют $tgr_{I-II} = \frac{\Delta Y_{I-II}}{\Delta X_{I=II}}$, при этом берется не менее 6 знаков после запятой. Результат берут по модулю (не обращают внимания на знаки приращений) и вычисляют *arctg r*.

Полученное значение переводят в формат записи угла (градусы, минуты, секунды) и записывают как табличный угол румба:

$r_{I–II}$ =_____:_____°____′____″;
(ориентировка) (табличный угол)

В соответствии с ориентировкой линии относительно сторон света и табличным углом румба вычисляют дирекционной угол (рис. 4).

$\alpha_{I–II}$ =_____.

Вычисляют горизонтальное проложение линии через приращения по осям с точностью 0,001 м.

$$D'_{I–II} = \sqrt{\Delta X_{II}^{2} + \Delta Y_{I}^{2}} = _____$$

Проверка решения: вычисляют горизонтальное проложение линии через приращения по осям и дирекционный угол. Контролем правильности вычисления дирекционного угла будет равенство всех вычисленных горизонтальных проложений (допустимое расхождение – не более 1 мм, т.е. ±0,001 м).

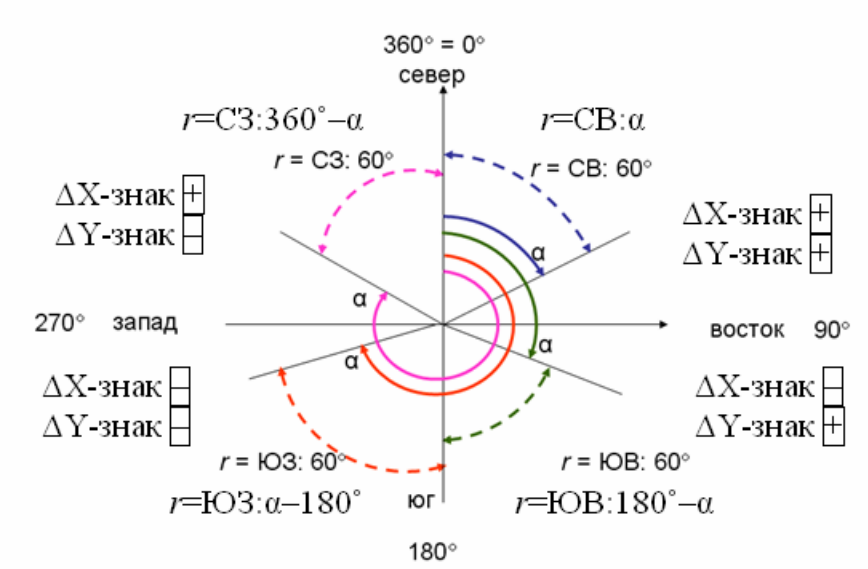


Рис. 4. Связь дирекционных углов и румбов

$$D''_{\text{I–II}} = \frac{\Delta X_{I-II}}{\cos\alpha_{I-II}} = \underline{\qquad\qquad} =$$

$$D'''_{\text{I–II}} = \frac{\Delta Y_{I-II}}{\sin\alpha_{I-II}} = \underline{\qquad\qquad} =$$

$$D'_{\text{I–II}} = D''_{\text{I–II}} = D'''_{\text{I–II}}$$

2. По данным своего варианта решить обратные геодезические задачи по всем прямолинейным отрезкам трассы, все расчеты вести в таблице 5. Контроль обязателен. Среднее значение горизонтального проложения и дирекционный угол каждой линии занести в каталог координат (табл.4, графы 5, 6).

Таблица 5

Решение обратных геодезических задач

Обозначения	Линия ___	Линия ___	Линия ___	Линия ___
X_{II}				
X_{I}				
$\Delta X_{\text{I–II}}$				
Y_{II}				
Y_{I}				
$\Delta Y_{\text{I–II}}$				

Обозначения	Линия ___	Линия ___	Линия ___	Линия ___
$tg\ r_{I\text{-}II}$				
$r_{I\text{-}II}$				
α				
$D'_{I–II}$				
$D''_{I–II}$				
$D'''_{I–II}$				

3. Изучить сущность и порядок решения прямой геодезической задачи.

Дано: прямоугольные координаты начальной (I) точки линии I–II, горизонтальное проложение линии $D_{I–II}$, ее дирекционный угол $\alpha_{I–II}$			
X_I =___ м	Y_I =___ м	$D_{I–II}$ =___ м	$\alpha_{I–II}$ = _ ° _ ′ _ ″
Найти: прямоугольные координаты конечной (II) точки линии I–II			
X_{II} =?		Y_{II} =?	

Порядок решения прямой геодезической задачи:

Вычисляют приращения координат по осям X и Y:

$\Delta X_{I–II} = D_{I–II} \times \cos \alpha_{I–II}$; $\Delta Y_{I–II} = D_{I–II} \times \sin \alpha_{I–II}$.

Вычисляют координаты конечной точки II по формулам:

$X_{II} = X_I + \Delta X_{I–II}$; $Y_{II} = Y_I + \Delta Y_{I–II}$.

4. Решить прямую геодезическую задачу, если известны координаты первой точки заданной по варианту линии (табл. 3), ее дирекционный угол $\alpha_{I–II}$= 150˚15′45″ (для нечетных вариантов), $\alpha_{I–II}$= 302˚42′10″ (для четных вариантов), горизонтальное проложение линии – для всех вариантов $D_{I–II}$ =265,5 м.

5. Нанести точку по координатам на карту, проверить ее положение и подписать.

Задание 4
Математическая обработка результатов технического нивелирования по трассе. Построение продольного и поперечного профилей трассы

Цель: освоить и закрепить методику математической обработки технического нивелирования трассы, ознакомиться с основами построения продольного и поперечного профилей.

Исходные данные:

1. Исходные отметки двух реперов: в начале и в конце трассы (табл. 6); их в соответствии с вариантом вписывать в журнал технического нивелирования красным цветом.

Таблица 6

Исходные данные по вариантам

Вариант	Отметки реперов Н, м		Вариант	Отметки реперов Н, м	
	Rp1	Rp2		Rp1	Rp2
1	201,201	197,211	16	216,216	212,250
2	202,202	198,203	17	217,217	213,209
3	203,203	199,214	18	218,218	214,246
4	204,204	200,216	19	219,219	215,237
5	205,205	201,214	20	220,220	216,223
6	206,206	202,232	21	221,221	217,241
7	207,207	203,205	22	222,222	218,244
8	208,208,	204,200	23	223,223	219,254
9	209,209	205,250	24	224,224	220,215
10	210,210	206,237	25	225,225	221,213
11	211,211	207,194	26	226,226	222,211
12	212,212	208,237	27	227,227	223,259
13	213,213	209,197	28	228,228	224,262
14	214,214	210,238	29	229,229	225,260
15	215,215	211,198	30	230,230	226,229

2. Фрагмент журнала технического нивелирования по трассе (табл. 7).

Таблица 7

Журнал технического нивелирования

№ станций	№ точки	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм		Средние превышения, мм		ГИ, м	Абсолютные отметки Н, м
		задняя	передняя	промежуточная	+	–	+	–		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Rp1	6254			182		[(182+100) +279] / 2 = 280,5 = 280			H_{Rp1}
		1569								
	ПК0		6072		279					
			1290							
2	ПК0	5148								
		0356								

№ станций	№ точки	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм		Средние превышения, мм		ГИ, м	Абсолютные отметки Н, м
		задняя	передняя	промежуточная	+	–	+	–		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	ПК1		6870							
			2176							
3	ПК1	5504								
		0821								
	ПК2		6998							
			2213							
4	ПК2	6947								
		2174								
	+53			1090						
	+12 л			1724						
	+25 л			0616						
	+13 п			0415						
	+25 п			1224						
	ПК3		5232							
			0557							
5	ПК3	5695								
		1012								
	+48			0558						
	+15 л			2098						
	+30 л			0434						
	+12 п			0712						
	+25 п			1134						
	ПК4		5551							
			0766							
6	ПК4	5780								
		0997								
	ПК5		6529							
			1844							
7	ПК5	5049								
		0364								
	Rp2		7213							
			2431							H_{Rp2}
по-		Σ	Σ		Σ	Σ	Σ	Σ		

№ станций	№ точки	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм		Средние превышения, мм		ГИ, м	Абсолютные отметки Н, м
		задняя	передняя	промежуточная	+	–	+	–		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
страничный контроль										
Невязка $f_h = \Sigma h_{ср} - (H_{Rp2} - H_{Rp1})$=_____ $f_h^{доп} = \pm 50$ мм $\sqrt{L}$ =_____										

3. Пикетажный журнал (рис. 5), где трасса вытянута в одну линию. Здесь показана разбивка трассы по пикетам, указаны места расположения реперов относительно оси трассы, местонахождение поперечников и плюсовых точек.

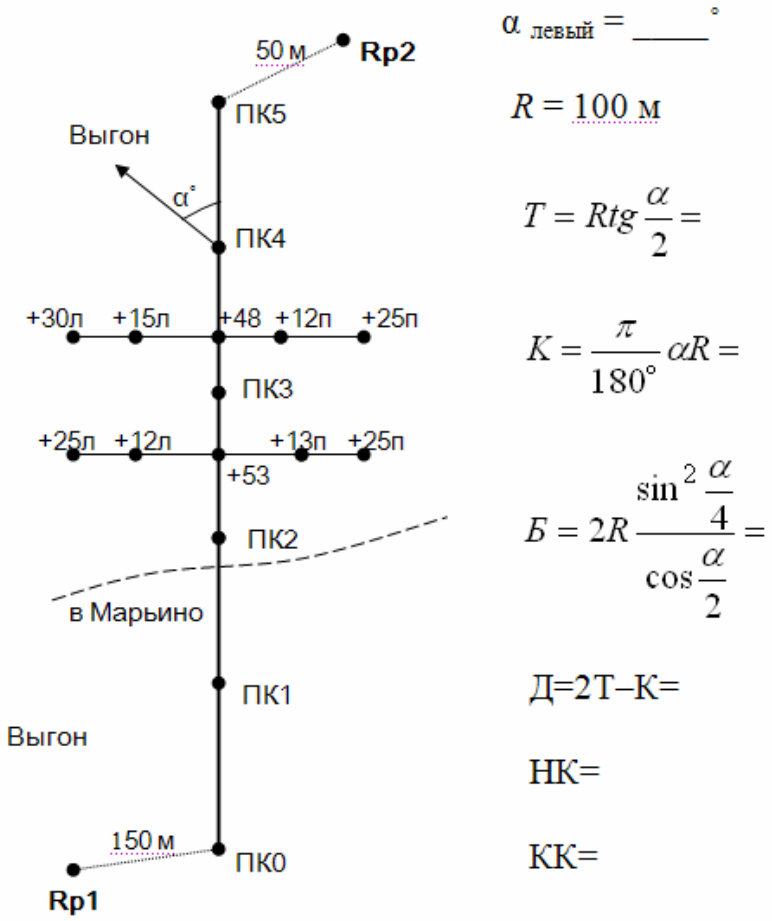


Рис. 5. Пикетажный журнал

4. Угол поворота трассы α на пикете 4 левый (15+n)˚15′, где n – номер варианта; радиус круговой кривой R=100 м для всех вариантов.

Порядок выполнения задания

Распечатать журнал технического нивелирования по трассе (табл. 7) на отдельном листе, все последующие результаты вычислений записывать в соответствующие графы журнала.

1. Вычислить превышения по красным и черным сторонам реек по формуле $h_{чер}$=З$_{чер}$–П$_{чер}$; $h_{кр}$=З$_{кр}$–П$_{кр}$., записать их в графы 6 или 7 в зависимости от полученного знака «плюс» или «минус».

Если превышения $h_{чер}$ и $h_{кр}$ отличаются на величину пяточной разности (100 мм)±5 мм, можно подсчитать среднее значение превышения, свободное от пяточной разности: $h = \dfrac{h_{чер} + \left(h_{кр} \pm ПР\right)}{2}$, записать его в графу 8 или 9.

2. Подсчитать сумму отсчетов и превышений по графам 3, 4, 6, 7, 8, 9, учитывая знаки, результаты записать в нижней строке каждой страницы полевого журнала.

3. Вычислить постраничный контроль: ΣЗ − ΣП = Σh = 2Σ$h_{ср.}$. Допускается расхождение в 1–2 мм, если выполнено нечетное число станций, то в последней части выражения должно быть расхождение на величину пяточной разности (100 мм).

4. При соблюдении контроля считают невязку в превышениях: $f_h = \Sigma h_{ср} - (H_{Rp2} - H_{Rp1})$. **Внимание:** отметки реперов задаются в метрах, средние превышения подсчитаны в миллиметрах, поэтому следует привести значения к единым единицам измерения, рекомендуется считать невязку в миллиметрах. Записать невязку

Сравнивают полученную невязку f_h с допустимой $f_{h доп}$, которая зависит от длины хода L, выраженной в км:

$$f_h^{доп} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}\,.$$

Длина хода L вычисляется как сумма всех отрезков по линии нивелирования от репера 1 до репера 2,.

5. Если невязка допустима, вводят поправки в измеренные превышения пропорционально числу станций $v_h = \dfrac{-f_h}{n}$, где n –

число станций. Поправки записывают красным цветом в графах 8 и 9 над вычисленным средним превышением.

Контроль вычислений: сумма поправок должна быть равна невязке хода с обратным знаком.

6. Вычисляют исправленные значения превышений $h_{исправл}$ с учетом знаков самого превышения и поправки, записывают их в соответствующей графе под средним значением.

Контроль вычислений: суммы исправленных превышений по ходам должны давать нулевые невязки.

7. Вычисляют отметки точек хода (пикетов): $H_{послед} = H_{пред} + h_{исправл}$

Контроль вычислений: вычисленная отметка конечной точки (репера 2) должна совпадать с исходным значением.

8. На плюсовых точках, где отсчеты по рейке записывались как промежуточные значения только по черной стороне рейки, следует высчитать горизонт инструмента ГИ:

ГИ = Hпк^{з} + Зч,

где Hпк^{з} – отметка заднего пикета на станции, Зч – отсчет по черной стороне рейки на этой станции на этом же пикете.

Для контроля подсчитать ГИ через отметку переднего пикета Hпк^{п} и Пч – отсчет по черной стороне рейки на этой станции на переднем пикете: ГИ = Hпк^{п} – Пч.

Записать среднее значение ГИ в графе 10.

9. Подсчитать отметки плюсовых точек $H_{плюс}$ = ГИ – a, где a – отсчет по рейке на промежуточной точке. Поскольку нет контроля вычисления отметок этих точек, следует внимательно перепроверить вычисления.

10. Построить продольный профиль трассы по материалам пикетажного журнала (рис. 5) и журнала геометрического нивелирования (табл.7).

Продольный профиль автомобильной дороги выполняют в таблице-сетке с различной формой боковика, который в зависимости от назначения дороги имеет специальную форму. В контрольной работе применять таблицу-сетку для дорог на застроенной территории, размеры (в миллиметрах) и содержание боковика таблицы приведены на рис. 6.

Рис. 6. Таблица-сетка продольного профиля

11. Подготовить основу для профиля: на листе миллиметровой бумаги, отступив сверху примерно 20 см, горизонтально проводят линию условного горизонта, а слева вычерчивают боковик. Отметка условного горизонта выбирают так: анализируют все отметки по трассе и выписывают наименьшее значение. Округляют его в меньшую сторону до «круглого» значения, т.е. кратного 10 м. Так профиль нигде не пересечет линию условного горизонта и будет расположен выше линии горизонта на 5–10 см. Вертикальную линию сетки оцифровать, исходя из масштаба 1:200.

12. Построение профиля начинают с заполнения графы расстояний, для этого принять горизонтальный масштаб 1:2 000. Графу расстояний заполняют по данным пикетажного и нивелирного журналов. В ней вертикальными прямыми обозначают все пикеты и плюсовые точки по оси трассы, для которых определены отметки. Между этими прямыми подписывают расстояния, определенные как разность значений плюсовых точек на оси трассы. Если между соседними пикетами нет плюсовых точек, расстояние между ними (стандартные 100 м) не подписыва-

ют. Пример записи данных в сетку продольного профиля можно посмотреть на рис. 7.

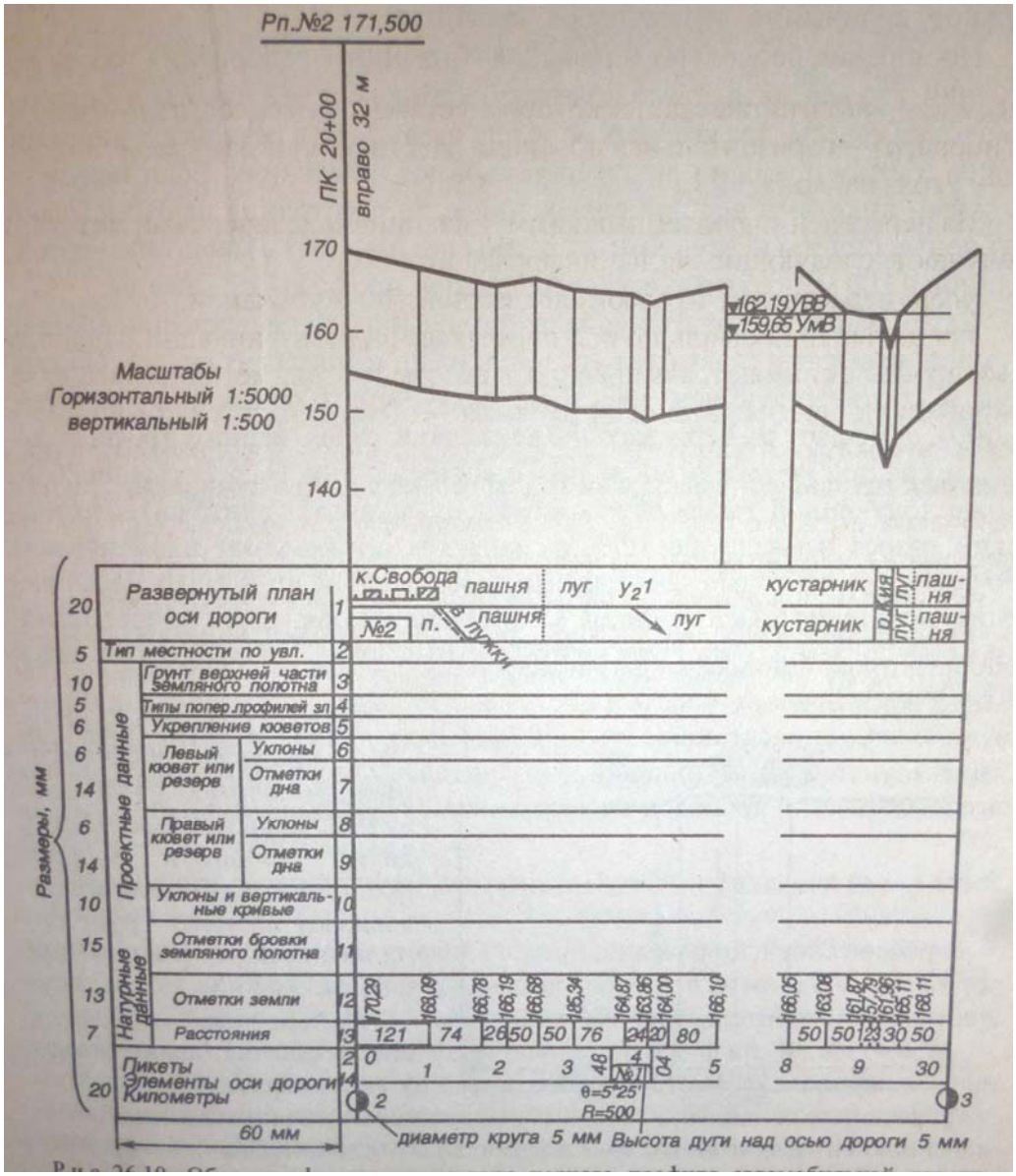


Рис. 7. Пример записи данных на продольном профиле

13. Под нижней линией графы расстояний подписывают номера пикетов, еще ниже указывают нулевой километр и все последующие в виде наполовину окрашенного круга диаметром 5 мм.

14. Из нивелирного журнала выписывают в графу фактических (черных) отметок вычисленные отметки пикетов и

плюсовых точек $H_ф$, округляя до значения 0,01 м (сантиметровые значения).

В соответствии с этими значениями каждую точку поднимают выше линии условного горизонта, пользуясь оцифрованной вертикальной шкалой. Соединяют полученные точки – «черный» профиль готов. Он характеризует фактический рельеф местности по оси дороги.

15. Построить проектный профиль трассы, состоящий из двух участков: ПК0–ПК2 и ПК2–ПК5. На каждом участке проектная (красная) линия уклона проводится так, чтобы соблюдался минимум земляных работ.

16. Графически на профиле определить проектные отметки $H^{пр}$ пикетов ПК0, ПК2, ПК5, записать их в соответствующую графу боковика сетки напротив соответствующих черных отметок, округляя до сотых долей метра.

17. Определить уклон каждого участка проектной линии, пользуясь формулой $i = tg\nu = \frac{h}{d}$. Здесь h – разность проектных отметок конечной и начальной точек участка, d – горизонтальное проложение этого участка (в метрах), определяется по графе расстояний.

В графе уклона на соответствующем участке полосы проводят диагональ, условно показывая направление уклонов (трасса идет вверх, вниз или горизонтально). Над диагональю выписывают уклон до тысячных долей, а под ней – длина отрезка в метрах.

18. Вычисляют проектные отметки всех пикетов и промежуточных точек на каждом участке по формуле $H_{n+1}^{пр} = H_n^{пр} + id$, где $H_{n+1}^{пр}$ – проектная отметка последующей точки; $H_n^{пр}$ – проектная отметка предыдущей точки; i – проектный уклон линии; d – расстояние между точками n и n+1.

19. Вычисляют рабочие отметки $h_P = H_{пр} - H_ф$, подписывают их: положительные рабочие отметки над проектной линией (насыпи), отрицательные – под проектной линией (выемки). Из то-

чек нулевых работ, т.е. точек перехода из выемки в насыпь и наоборот, опустить пунктиром ординаты на условный горизонт.

20. Графы «Тип местности по увлажнению» и «Тип поперечного профиля» можно не заполнять из-за недостатка сведений в контрольной работе.

21. В соответствии с вариантом по заданным значениям угла поворота трассы, радиусу круговой кривой рассчитывают элементы и главные точки круговой кривой. Формулы для расчета элементов закругления трассы: длины кривой К, тангенса кривой; Т, домера Д и биссектрисы кривой Б приведены в пикетажном журнале (рис. 3). Эти величины можно определить, пользуясь специальными таблицами для разбивки кривых на автомобильных дорогах [4].

22. Вычисляют пикетажное значение главных точек кривой – начала ПК НК, конца ПК КК и середины ПК СК кривой (рис. 8) по формулам:

$$ПК\ НК = ПК\ ВУ - T;$$

$$ПК\ КК = ПК\ НК + K;$$

$$ПК\ СК = ПК\ НК + K/2.$$

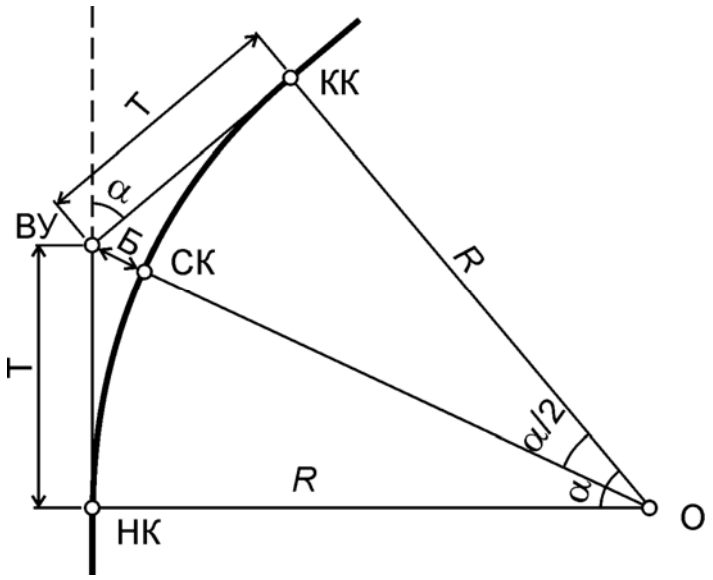


Рис. 8. Элементы круговой кривой

23. Контролируют правильность вычислений пикетажного значения конца и середины кривой:

$$ПК\ КК = ПК\ ВУ + Т - Д;$$

$$ПК\ СК = ПК\ ВУ - Д/2.$$

Расчет пикетажных значений рекомендуется вести в виде столбцов в пикетажном журнале.

Рассмотрим пример: вершина угла расположена на пикете 8+46,00; измерен угол поворота трассы α = 37˚50′, заданный радиус кривой R = 200 м.

По формулам или по таблицам находят элементы кривой:

Т= 68,54 м; К = 132,06 м; Б = 11,42 м; Д = 5,02 м.

Вычисляют пикетажное положение главных точек, рядом приводят контрольные вычисления:

		Контроль:	
ПК ВУ	8 + 46,00	ПК ВУ	8 + 46,00
– Т	68,54	+ Т	68,54
ПК НК	7 + 77,46		9 + 14,54
+ К	1 + 32,06	– Д	5,02
ПК КК	9 + 09,52	ПК КК	9 + 09,52
ПК НК	7 + 77,46	ПК ВУ	8 + 46,00
+ К/2	66,03	– Д/2	2,51
ПК СК	8 + 43,49	ПК СК	8 + 43,49

24. На профиле в графе «Элементы плана» начало и конец кривой отмечают вертикальными линиями. Кривую условно обозначают скобкой, обращенной выпуклостью вниз при повороте трассы влево и выпуклостью вверх при повороте вправо, указывают значения элементов кривой. Записывают расстояния от начала и конца кривой до ближайших заднего и переднего пикетов. Над серединами прямых вставок трассы записывают их длины.

25. При оформлении продольного профиля красной тушью вычерчивают проектные отметки, уклоны, запроектированную линию профиля, рабочие отметки, элементы плана прямых и кривых. Синим цветом показывают ординаты в точках нулевых работ. Все остальное вычерчивают черной тушью.

26. Справа от продольного профиля построить поперечный профиль. При его построении вертикальный и горизонтальный масштабы принять равными 1:500. Оцифровать вертикальную линию отметок. Таблица-сетка для поперечного профиля приведена на рис. 9. В контрольной работе для поперечника допускается подготовить и заполнить только две графы: черных отметок и расстояний.

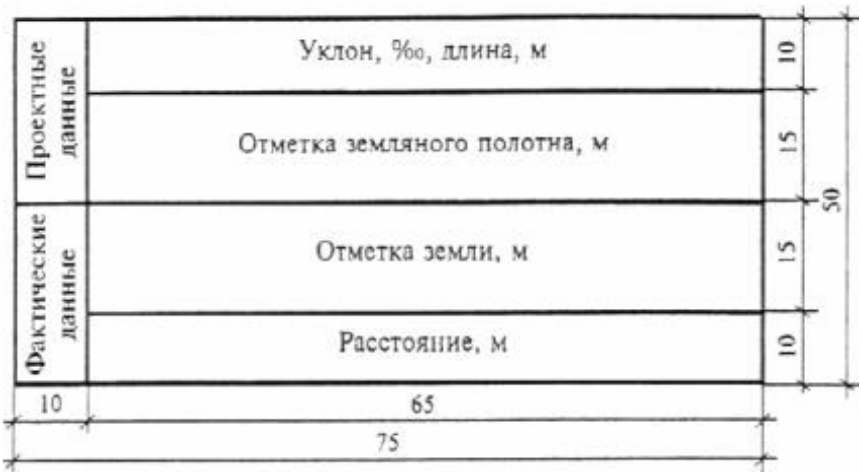


Рис. 9. Таблица-сетка поперечного профиля

27. Построение поперечника начинают с вычерчивания в графе «Расстояния» оси трассы вертикальной линией. Затем по данным пикетажного журнала и журнала нивелирования в масштабе вычертить отрезки влево и вправо от оси. Например, на станции 4 положение поперечника определяется как ПК2+53, от этой точки влево отмеряют два отрезка: 12 м и 25 м (расстояние между точками 25 м–12 м=13 м). Вправо от оси аналогично откладывают отрезки 13 м и 25 м.

28. В графе «Отметки земли» черным цветом подписывают отметки плюсовых точек, взятые из журнала нивелирования и округленные до 0,01 м. В соответствии с этими значениями каждую точку поднимают, пользуясь оцифрованной вертикальной шкалой, соединяют полученные точки. «Черный» профиль характеризует фактический рельеф местности в направлении, перпендикулярном оси трассы.

Задание 5
Математическая обработка результатов измерений в замкнутом теодолитном ходе. Построение плана участка

Цель: освоить и закрепить методику математической обработки результатов измерений в замкнутом теодолитном ходе, изучить виды контролей и допуски, изучить основы построения точек на плане по координатам.

Исходные данные:

1) замкнутый теодолитный ход, включающий 5 вершин (станций) (рис. 10);

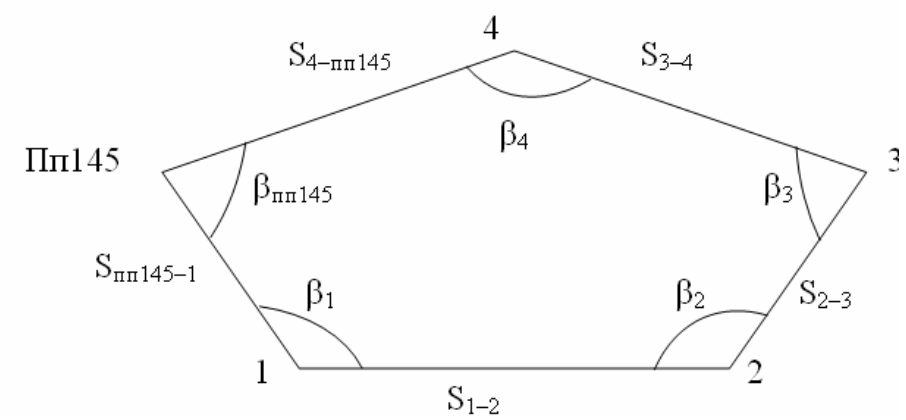


Рис.10. Схема теодолитного хода

2) в вершинах пп145, 1, 2, 3, 4 измерены левые по ходу горизонтальные углы $\beta_{пп145}$, β_1, β_2, β_3, β_4, (табл. 8).

Таблица 8

Результаты измерений в теодолитном ходе

Вершина угла	Измеренный горизонтальный угол, левый по ходу	Сторона хода	Горизонтальное проложение (длина стороны), м
пп145	90°07′30″	пп145–1	231,32
1	135°48′48″	1–2	200,43
2	84°10′30″	2–3	241,27
3	108°26′42″	3–4	263,43
4	121°28′06″	4– пп145	201,66

3) дирекционный угол начальной стороны пп145–1 определяется по варианту: значение числа градусов принять как номер варианта, умноженный на 10, значение числа минут равно номеру варианта. Например, для варианта 1: число градусов 1×10=10˚, число минут 01´, исходный дирекционный угол составит 10˚01´.

4) измерены длины всех сторон и вычислены их горизонтальные проложения (табл. 8).

5) известны прямоугольные координаты одной вершины пп145, общие для всех вариантов:

$$X_{пп145}=2013{,}00 \text{ м}, \; Y_{пп145}=3000{,}00 \text{ м}.$$

6) выполнена горизонтальная съемка территории с пунктов теодолитного хода, абрис съемки приведен на рис. 11.

Вычислить координаты *X, Y* всех вершин теодолитного хода и вычертить план участка.

Порядок вычислений

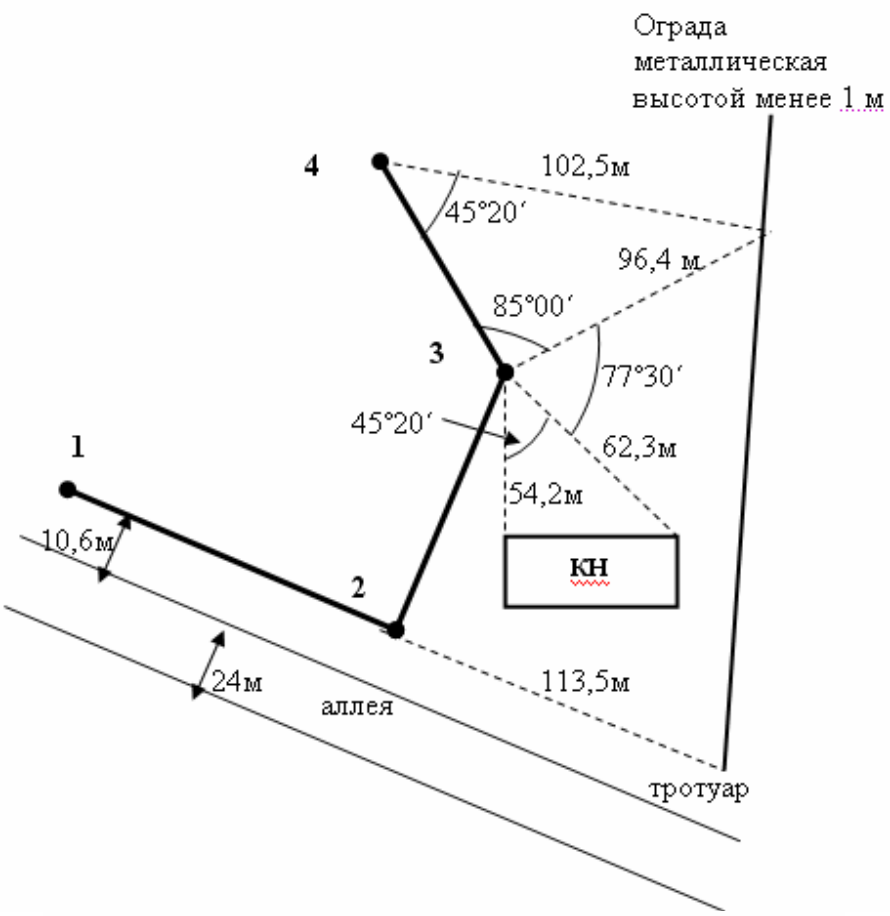
1. Выписывают исходные данные в ведомость вычисления координат (табл. 9), в которой ведут все расчеты: горизонтальные углы, горизонтальные проложения – черным цветом, дирекционный угол исходной стороны и координаты пп145 – красным цветом.

2. Подсчитывают и записывают в нижней части таблицы сумму измеренных в ходе горизонтальных углов $\Sigma\beta_{изм}$ и ее теоретическую $\Sigma\beta_{теор}$ величину:

$\Sigma\beta_{теор} = 180°(n - 2)$, где n – число измеренных углов.

3. Вычисляют угловую невязку как разность измеренной и теоретической суммой углов $f_\beta=\Sigma\beta_{изм}-\Sigma\beta_{теор}$ и сравнивают её с допустимой величиной $f_\beta = 2\,t\sqrt{n}$, где t – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла, выбирается по паспортным данным угломерного прибора (для выполнения задания t=30″), n – количество измеренных углов.

4. Если фактическая невязка меньше допустимой, вычисляют поправку в измеренные углы: $v_\beta = \frac{f_\beta}{n}$. Поправки распределяют поровну на все углы с обратным знаком и подписывают над секундами красным цветом. Вычисляют исправленные значения горизонтальных углов.



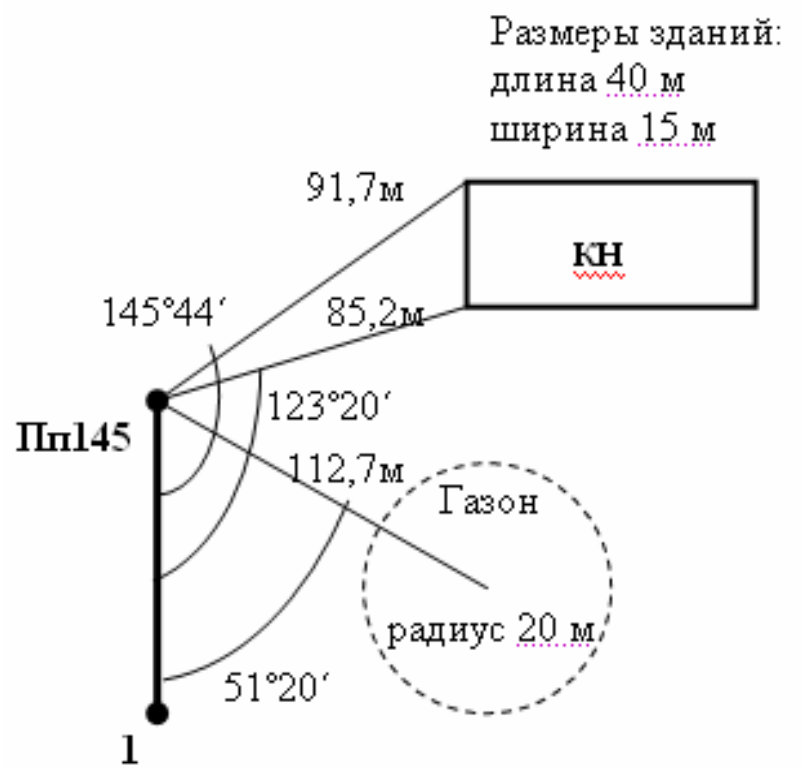


Рис. 11. Абрисы горизонтальной съемки

5. Проверяют безошибочность расчетов: подсчитывают сумму исправленных углов $\Sigma\beta_{испр}$.

Контроль вычислений: $\Sigma\beta_{испр} = \Sigma\beta_{теор.}$.

6. Последовательно вычисляют дирекционные углы всех линий хода по формулам для левых углов:

$$\alpha_{посл} = (\alpha_{пред} + \beta_{испр}) - 180°.$$

Дирекционные углы не могут быть отрицательными, поэтому прибавляют 360° к значению, заключенному в скобки, если оно получается меньше, чем вычитаемое.

Вычисленный дирекционный угол может иметь любое значение в диапазоне 0–360˚. Если результат расчетов получается более 360°, приводят его к общепринятому значению, вычитая 360°.

7. Выполняют контроль вычисления дирекционных углов, записывают красным цветом:

$$\alpha_{пп145-1}^{вычисленный} = \alpha_{-\,пп145-1}^{исходный}.$$

8. Вычисляют румбы каждой линии, расставляют знаки приращений, исходя из четверти, в которой находится каждая линия, используя рис. 2.

9. По румбам вычисляют синусы и косинусы табличных углов, используя инженерный микрокалькулятор или персональный компьютер. У тригонометрических функций определяют 6 знаков после запятой.

10. Вычисляют приращения координат по каждой линии хода $\Delta X_i = S_i \cos\alpha_i$; $\Delta Y_i = S_i \sin\alpha_i$., результаты округляют до 0,001 м. Проверяют знаки приращений.

11. Считают невязки в приращениях как сумму вычисленных приращений с учетом знака: $\Delta X_i = f_x$ *и* $\Delta Y_i = f_y$.

12. Вычисляют абсолютную невязку $f_{абс} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}$.

13. Вычисляют относительную невязку: $f_{отн} = \dfrac{f_{абс}}{P} = \dfrac{1}{P/f_{абс}} = \dfrac{1}{N}$. Здесь P – периметр хода, считается как сумма всех горизонтальных проложений. Невязку записывают в виде простой дроби.

14. Сравнивают $f_{отн}$ с допустимой величиной $f_{доп} = \frac{1}{2000}$. Если результат меньше допустимой величины, вычисления можно продолжить, в противном случае следует отыскать ошибку в вычислении приращений.

15. Считают поправки в приращения (с обратным знаком) пропорционально длинам сторон $V_{X_i} = -\frac{f_X}{P} D_i$, $V_{Y_i} = -\frac{f_Y}{P} D_i$. Записывают поправки красным цветом над вычисленными приращениями.

16. Вычисляют исправленные приращения и их сумму.

17. Контроль вычислений:

$$\Sigma\Delta X_{испр} = 0;\ \Sigma\Delta Y_{испр} = 0..$$

18. Последовательно вычисляют координаты точек:

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_i\ ;\ Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_i\ .$$

19. Повторно вычисляют координаты исходной точки пп145. Контроль вычисления координат:

$$X_{пп145\ выч} = X_{пп145исх};\ Y_{пп145\ выч} = Y_{пп145\ исх}.$$

20. На листе чертежной бумаги формата А3 вычерчивают координатную сетку в виде квадратов со сторонами 10 см.

21. Оцифровывают координатную сетку в масштабе 1:2000 так, чтобы теодолитный ход находился в центре чертежа. В масштабе плана 1:2000 стороне квадрата в 10 см на местности соответствует расстояние в 200 м

22. По вычисленным координатам наносят на план вершины теодолитного хода. Процесс нанесения точек по координатам обратный процессу определения координат (см. задание 2).

Полученную точку слегка накалывают иглой и обводят окружностью диаметром 1,5 мм, номер точки записывают слева.

23. Карандашом соединяют полученные точки, проверяют дирекционный угол и горизонтальное проложение каждой стороны. Если результаты соответствуют расчетным значениям, точки хода обводят черной тушью.

24. По данным абриса теодолитной съемки (рис. 11) наносят ситуацию. Никаких размеров и дополнительных построений, указанных в абрисе, на план помещать не следует, эти значения не-

обходимы только для построения. Вычерчивают ситуацию черной тушью.

Выполняют зарамочные надписи на плане, пример оформления приведен на рис. 12.

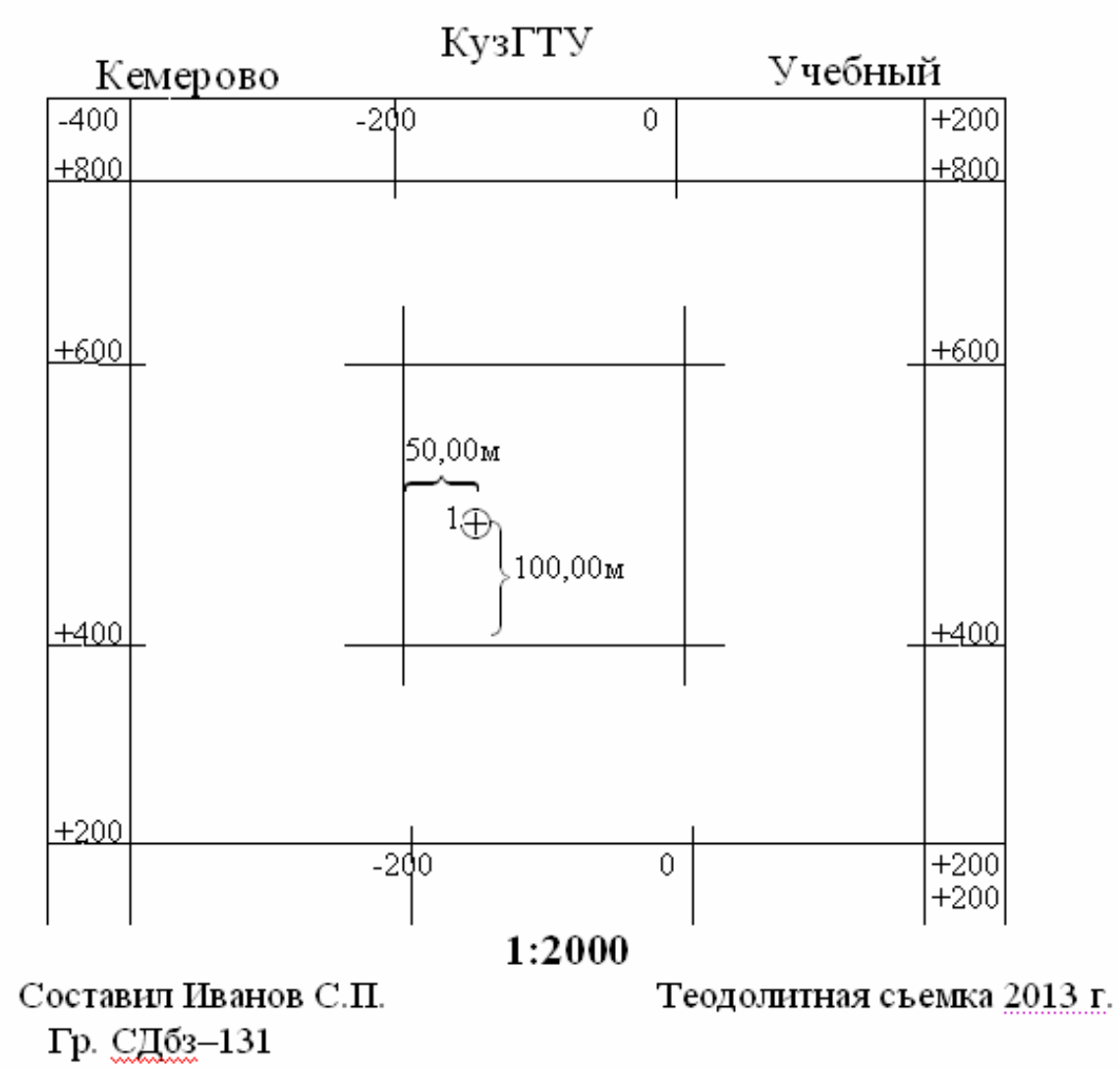


Рис. 12. Пример оформления рамки для плана масштаба 1:2000

Таблица 9

Ведомость вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода

Ст.	Углы левые по ходу		Дирекционные углы	Румбы	Cos r Sin r	Гориз. проложения	Приращения, м								Координаты, м		Ст.
							вычисленные				исправленные						
	измеренные	исправленные					±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY	X	Y	
Пп145			α исх														Пп145
1																	1
2																	2
3																	3
4																	4
Пп145																	Пп145

$\Sigma\beta_{изм}$=_____ P=_____ f_x=_____ f_y=_____

$\Sigma\beta_{теор}$=_____ $f_{абс}=\sqrt{f_x^{\,2}+f_y^{\,2}}=$

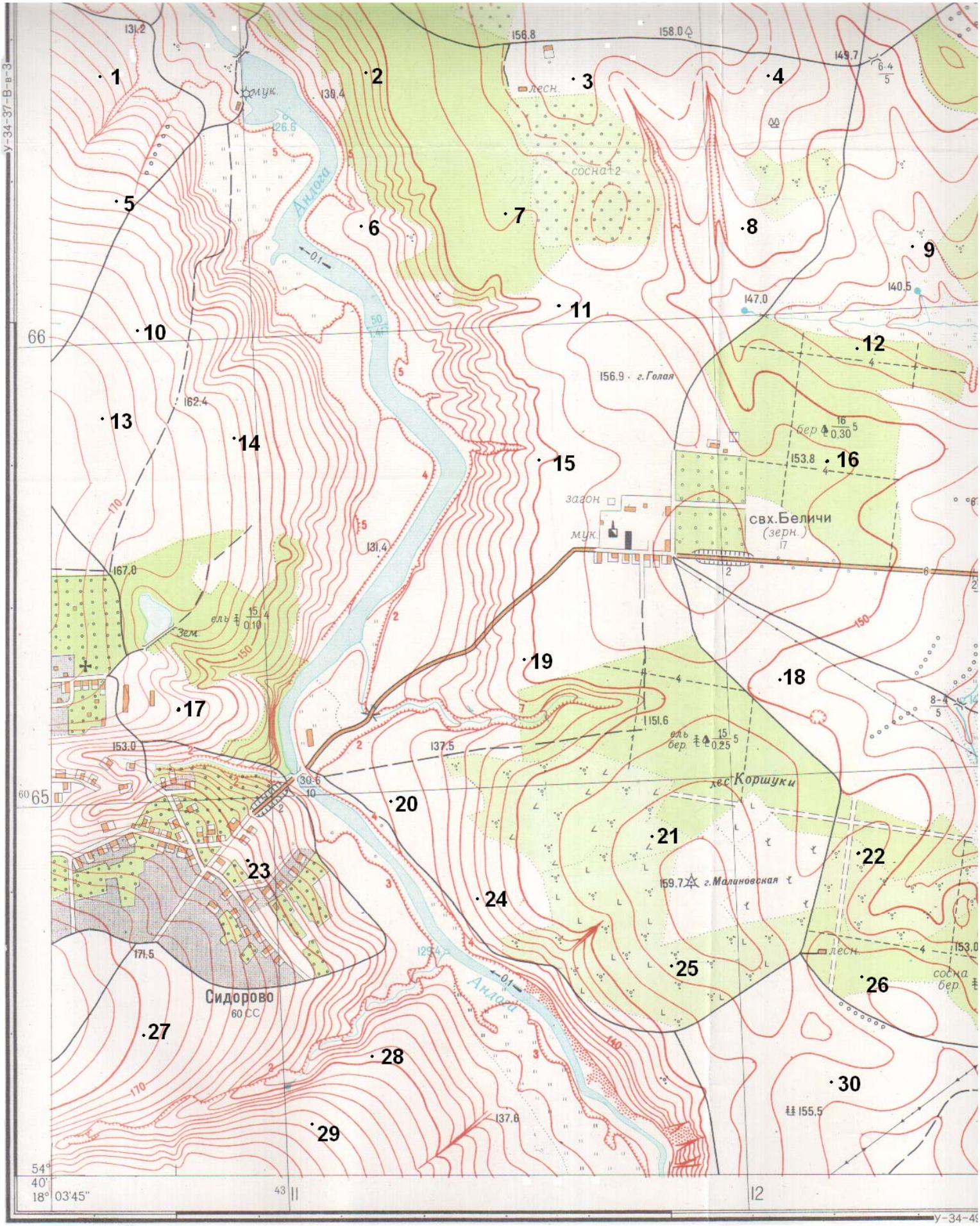
f_β=_____ $f_{отн}=f_{абс}/P=1/N=$ $f_{отн}^{доп}=1/2000$

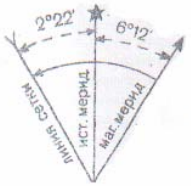
$f_\beta^{доп}$=_____

$\Sigma\beta_{испр}$=_____

Приложение 1

Фрагмент топографической карты 1:10 000
(на следующей странице)

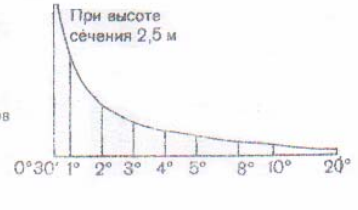




1:10 000

в 1 сантиметре 100 метров

метров 200 160 120 80 40 0 200 400 600 800 метров

Сплошные горизонтали проведены через 2,5 метра

Балтийская система высот