

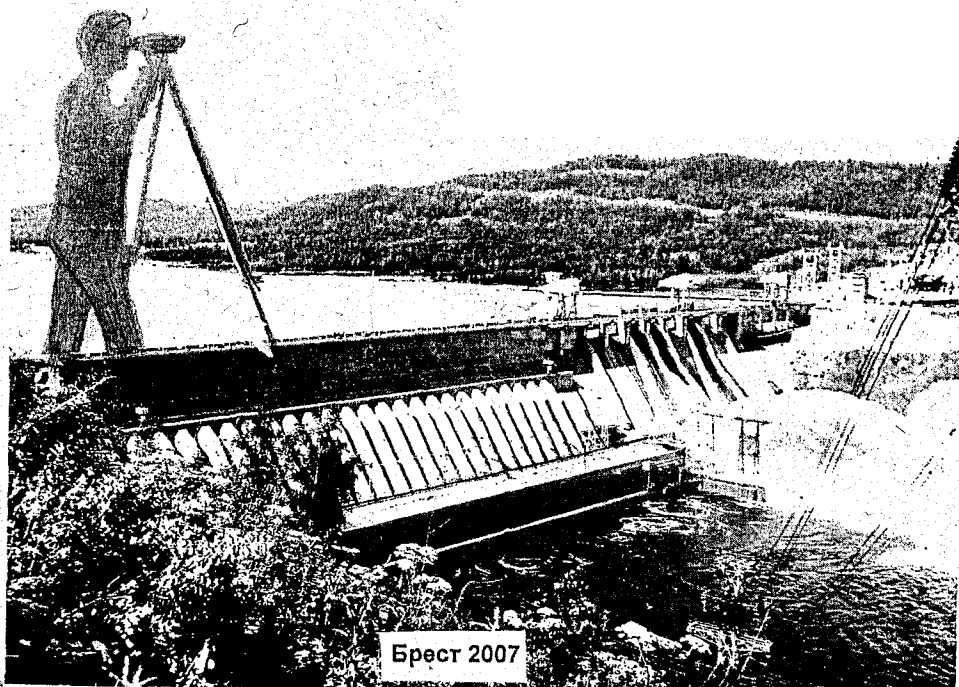
Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
"Брестский государственный технический университет"

Кафедра оснований, фундаментов, инженерной
геологии и геодезии

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для студентов заочной формы обучения
строительных специальностей



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
"Брестский государственный технический университет"

Кафедра оснований, фундаментов, инженерной
геологии и геодезии

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для студентов строительных специальностей
заочной формы обучения

Брест 2007

УДК 624.131.1

Инженерная геодезия: Методические указания и контрольные задания для студентов строительных специальностей высших учебных заведений заочной формы обучения

Составители: Жукова В.П., ассистент
Зеленский А.М., доцент, к.т.н.
Синякина Н.В., доцент, к.т.н.

Рецензент: М.А. Голендухин, доцент кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем Пермского государственного технического университета

Авторы выражают искреннюю признательность доценту, к.т.н. Зуевой Л.Ф.; ст. преподавателю Фолитару Г.В., за ценные предложения и замечания при подготовке рукописи к изданию

Оглавление

Введение.....	4
Методические указания по изучению отдельных тем курса.....	6
Раздел 1. Основные сведения по геодезии.....	6
Раздел 2. Основные виды работ по геодезическому обеспечению изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.....	11
Раздел 3. Технология геодезических работ при строительстве и эксплуатации различных типов инженерных сооружений.....	14
Контрольная работа № 1.....	16
Контрольная работа № 2.....	32
Список литературы.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате изучения инженерной геодезии, определяются в соответствии с квалификационными характеристиками инженера-строителя и потребностями строительного производства следующим образом.

Специалист должен знать: состав и технологию геодезических работ, обеспечивающих изыскания, проектирование и строительство сооружений, основы выполнения геодезических разбивочных работ, геодезического контроля монтажа конструкций в процессе строительства и эксплуатации сооружения.

Специалист должен уметь: ставить перед соответствующими геодезическими службами конкретные задачи, связанные с возведением строительного объекта на любом его этапе; курировать и направлять эти работы; квалифицированно использовать топографо-геодезические материалы для решения различных проектно-изыскательских задач; пользоваться основными геодезическими приборами, применяемыми на стройке; самостоятельно выполнять несложные геодезические измерения и топографические съемки небольших участков, отводимых под строительство; выполнять геодезические разбивочные работы и исполнительные съемки на строительной площадке, нивелирные работы по трассам сооружений линейного типа; осуществлять геодезический контроль строительно-монтажных работ.

Связь инженерной геодезии с другими дисциплинами учебного плана. Инженерная геодезия опирается на математику и физику, тесно связана с вычислительной техникой. Современные геодезические средства измерений созданы на основе новейших достижений физики, точной механики, радиозлектроники. В практику инженерно-геодезических работ внедряются светодальномеры, лазерные приборы, новые типы теодолитов, тахеометров и нивелиров. Много внимания уделяется вопросам автоматизации полевых и камеральных топографо-геодезических работ на базе применения компьютерной техники. В практику изыскательских работ для строительства внедряются аэрокосмические и фотогеодезические методы. Информация о местности, получаемая геодезическими и аэрокосмическими методами, широко используется для создания цифровых моделей местности, в системах автоматического проектирования.

В соответствии с принципом непрерывной математической подготовки студентов при изучении инженерной геодезии, с одной стороны, используются знания, полученные студентами при изучении высшей математики, в частности разделов - дифференцирование функций и теория вероятностей; с другой стороны, обеспечивается практическое применение и закрепление этих знаний при выполнении инженерных расчетов, связанных с решением инженерно-геодезических задач.

В ходе изучения инженерной геодезии по возможности раскрываются связи этой дисциплины с другими специальными дисциплинами учебного плана, пути использования знания инженерной геодезии при разработке курсовых работ и дипломных проектов.

Структура и порядок изучения дисциплины. В основу изучения дисциплины положена действующая типовая учебная программа, которая состоит из введения и трех разделов.

Основная цель учебных вопросов, включенных во введение - раскрыть значение инженерной геодезии для строительства и место дисциплины в системе подготовки инженеров-строителей.

Раздел 1 содержит темы, раскрывающие общие принципиальные основы и методы

инженерной геодезии: сведения о фигуре Земли и системах координат; ориентирование линий; топографические планы и карты; методы обработки геодезических измерений и оценки точности; геодезические измерения; геодезические сети; топографические съемки. Учебный материал этого раздела, по существу, представляет собой необходимый комплекс знаний, определений и понятий, на базе которых изучаются темы последующих разделов программы: раздела 2 - Основные виды работ по геодезическому обеспечению изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации, сооружений; раздела 3 - Технология геодезических работ при строительстве и эксплуатации различных типов инженерных сооружений.

Раздел 2 содержит темы, относящиеся к геодезическому обеспечению всех видов строительства: геодезические работы при инженерных изысканиях; перенесение на местность проектов застройки и планировки; геодезические работы и геодезический контроль в ходе строительства; геодезические наблюдения за осадками и смещениями конструкций зданий и сооружений (эти темы изучают студенты всех специальностей).

Раздел 3 содержит темы, раскрывающие специальные вопросы применения инженерной геодезии при обеспечении конкретных видов строительства (изучение этих тем предусматривается в соответствии со специальностью и наиболее эффективно в комплексе со специальными дисциплинами).

Студенты заочной формы обучения изучают инженерную геодезию, слушая лекции и выполняя лабораторные работы в период лабораторно-экзаменационных сессий, самостоятельно изучая учебную литературу, выполняя контрольные работы по индивидуальным заданиям и указаниям, приводимым в рецензиях на эти работы, а также с помощью устных и письменных консультаций.

В лекциях по инженерной геодезии, читаемых студентам, освещаются узловые вопросы теории. Принципы и схемы вывода основных формул, их значение и практическое применение, выделяется наиболее трудный для усвоения учебный материал, излагаются вопросы программы, которые не нашли должного отражения в учебной литературе, даются методические указания по самостоятельному изучению учебной литературы, способствующие целостному восприятию и глубокому пониманию учебного материала и своевременному выполнению контрольных работ.

Студенты в обязательном порядке выполняют следующие лабораторные работы: изучение основных геодезических приборов и работа с ними. Решение задач на топографических планах (картах), решение задач по обработке результатов и оценке точности геодезических измерений и назначению допусков; расчет разбивочных элементов и составление разбивочных чертежей; геодезические расчеты при проектировании вертикальной планировки и составление картограммы земляных работ; ознакомление с фотограмметрическими приборами и работа с аэроснимками. Лабораторные работы выполняются в соответствии с индивидуальными заданиями; результаты выполнения работ оформляются в отдельной тетради и предъявляются после окончания работ, на зачете и экзамене.

В процессе изучения курса студенты выполняют две контрольные работы, которые с краткой пояснительной запиской представляются для рецензирования в установленные университетом сроки.

По дисциплине предусмотрен - один курсовой зачет и один экзамен. На зачете и экзамене предъявляются: зачетные контрольные работы с рецензиями; тетради с результатами выполнения всех лабораторных работ.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ КУРСА Р А З Д Е Л 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОДЕЗИИ

1. Введение

Предмет, задачи и содержание инженерной геодезии как учебной дисциплины, порядок ее изучения при обучении без отрыва от производства. Связь инженерной геодезии с другими дисциплинами учебного плана.

Задачи и значение инженерной геодезии в народном хозяйстве. Значение геодезической подготовки для инженера-строителя в современных условиях.

Краткий очерк развития инженерной геодезии. Современные организационные формы геодезической службы в строительстве.

Литература: [1, §1-3].

2. Сведения о фигуре Земли. Применяемые в геодезии системы координат. Ориентирование линий

Основные понятия и сведения о форме и размерах Земли. Физическая и уровенная поверхности. Поверхность земного эллипсоида. Референц-эллипсоид Ф.Н. Красовского. Система координат 1942 г. Система отсчета высот, принятая в Беларуси. Влияние кривизны Земли при определении горизонтальных расстояний и высот.

Система географических координат. Местная система прямоугольных координат. Полярные координаты. Зональная система плоских прямоугольных координат. Понятие о равноугольной проекции Гаусса.

Азимуты и дирекционные углы, связь между ними. Сближение меридианов. Румбы и переход к ним от азимутов и дирекционных углов. Магнитные азимуты. Магнитное склонение. Связь между географическими (истинными) азимутами, дирекционными углами и магнитными азимутами.

Литература: [1, § 4-8, 50; 2, с. 27,29].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Что называют уровенной поверхностью?
2. Почему обработку геодезических измерений выполняют на поверхности референц-эллипсоида?
3. Как определяют размеры участка земной поверхности, принимаемого за плоский, если влиянием кривизны Земли пренебрегают?
4. Как выбирают местную систему прямоугольных координат?
5. Что означает, ориентировать линию? Что называют азимутом и румбом?
6. Что называют географическим, или истинным, азимутом и дирекционным углом? Какова зависимость между прямым и обратным дирекционными углами данной линии?
7. Покажите на рисунке зависимость между дирекционными углами и румбами.
8. Приведите формулы для перехода от дирекционных углов к румбам. Вычислите румб линии, если ее дирекционный угол равен $315^{\circ} 30'$.
9. Что называют магнитным азимутом и как перейти к нему от измеренного на плане или карте дирекционного угла линии?
10. Какими ориентирными углами удобнее пользоваться при ориентировании на местности?

3. Топографические планы и карты

Понятие о плане и карте. Масштабы; численный, линейный и поперечный. Точность масштаба. Рельеф земной поверхности и его изображение на топографических картах и

планах. Высота сечения рельефа, заложение и уклон. Графики заложений. Условные знаки для изображения предметов и контуров местности. Задачи, решаемые по картам и планам при проектировании сооружений: определение координат точек, длин линий, ориентирных углов, площадей участков, высот точек и крутизны ската; построение профиля линии местности, линии заданного уклона и границ водосборной площади.

Литература: [1, § 11-15; 2, § 1-8].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Что такое топографический план и топографическая карта? В чем их сходство и различие?
2. Что называется масштабом карты (плана) и как он выражается? Что называют предельной точностью масштаба? Укажите предельную точность масштабов 1:10 000 и 1:1000.
3. В чем состоит различие между масштабными и внес масштабными условными знаками?
4. Что называют высотой сечения рельефа и заложением? Как определить отметку точки, лежащей между горизонталями?
5. Что такое уклон, и по какой формуле он определяется? Как его выразить в процентах и в промиллях? Как построить график заложений для уклонов и как провести на плане или карте линию заданного уклона?
6. Рассчитайте величину заложения, соответствующую заданному уклону, величина которого (в тысячных) численно равна двум последним цифрам учебного шифра студента, если масштаб плана 1:2000, а высота сечения рельефа 1 м.
7. Как построить профиль линии местности по карте (плану)?
8. Как измерить на карте дирекционный угол и перейти от него к магнитному азимуту?
9. Какие способы применяют для определения площадей на планах и картах, и какова их точность?
10. Что называют водосборной площадью и как на топографическом плане или карте определяют ее границу?

4. Общие сведения об измерениях и элементы математической обработки результатов геодезических измерений

Методы измерений. Классификация погрешностей и методы ослабления их влияния. Понятие о точности измерений. Оценка точности результатов непосредственных измерений. Обработка результатов многократных равноточных измерений одной величины. Погрешности функций измеренных величин. Понятие о двойных измерениях. Понятие об обработке результатов неравноточных измерений. Допуски. Основные правила и средства вычислений. Применение компьютерной техники.

Литература: [1, § 16-23; 2, § 9-14].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. В чем главное различие между случайными и систематическими погрешностями измерений?
2. Какими свойствами обладают случайные погрешности?
3. Почему среднее арифметическое из результатов равноточных измерений является вероятнейшим значением измеряемой величины?
4. Как вычисляют истинные и вероятнейшие погрешности? Каким свойством обладает сумма вероятнейших погрешностей, и как это свойство используется при обработке результатов геодезических измерений?
5. Точность измерения каких величин оценивают абсолютной и относительной погрешностями? Как представляют относительную погрешность в геодезии?

6. Что такое предельная погрешность и как ее определяют в зависимости от доверительной вероятности?

7. Как обрабатывают результаты многократных равноточных измерений?

8. Как обрабатывают двойные измерения?

9. Как определяют среднюю квадратическую погрешность функции измеренных величин? Ответ составьте на примере функции общего вида.

10. Как обрабатывают результаты неравноточных измерений?

5. Угловые измерения

Принципы измерения горизонтального угла и угла наклона. Приборы для измерения углов. Устройство поверки и юстировки теодолитов. Способы измерения горизонтальных и вертикальных углов. Погрешности измерений, влияющие на точность измерения углов, и методы ослабления их влияния. Организация полевых измерений горизонтальных и вертикальных углов.

Литература: [1, § 24-36; 2, § 15-21].

6. Линейные измерения

Мерные приборы, их компарирование. Измерение расстояний землемерными лентами и стальными мерными рулетками. Оптические дальномеры. Нитяной дальномер, его теория, применение, точность. Понятие о светодальномерах. Источники погрешностей, влияющие на точность измерений землемерной лентой, и методы ослабления их влияния. Определение неприступных расстояний.

Литература: [1, § 37-46; 2, § 22-34].

7. Измерение превышений (нивелирование)

Виды нивелирования: геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое и др. Приборы для нивелирования. Лазерные нивелиры.

Способы геометрического нивелирования. Нивелирные знаки. Основные типы нивелиров. Устройство и поверки нивелиров. Источники погрешностей при геометрическом нивелировании. Порядок и состав работ при геометрическом нивелировании, нивелирование связующих и промежуточных точек; контроль измерений. Классы нивелирования. Техническое нивелирование.

Тригонометрическое нивелирование. Основные формулы и методика тригонометрического нивелирования.

Литература: [1, § 47-63; 2, § 35-46].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 5

1. Какие приборы применяют для измерения горизонтальных и вертикальных углов?

2. Назовите требования к взаимному положению осей теодолита.

3. Покажите на рисунке поле зрения штрихового микроскопа, Как сделать правильный отсчет?

4. Покажите на рисунке поле зрения шкалового микроскопа теодолита. Как сделать правильный отсчет?

5. Что называется местом нуля (МО) вертикального круга и для чего его надо знать?

6. Какова последовательность работы при подготовке теодолита для наблюдений?

7. Какова последовательность работы при измерении угла наклона теодолитом?

8. Назовите способы измерения горизонтальных углов. Изложите сущность и области применения.

9. опишите порядок работы при измерении теодолитом горизонтального угла "от нуля" (отсчет по горизонтальному кругу при визировании на опорную точку 0°).

10. Рассчитайте необходимое количество приемов, если значение угла должно быть

определено со средней квадратической погрешностью не более $15''$, а средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом $30''$.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 6

1. Какова последовательность измерения линии землемерной лентой и стальной мерной рулеткой?
2. Какие поправки вводят в длину линии, измеренную землемерной лентой и рулеткой? Приведите формулы и дайте им объяснение.
3. Что такое компарирование мерного прибора, и как определяют поправку за компарирование при измерении длины линии землемерной лентой и рулеткой?
4. Как определяют поправку за температуру мерного прибора при измерении длины линии мерной лентой и рулеткой?
5. Как определяют поправку за приведение линии к горизонту при измерении длины линии землемерной лентой и рулеткой?
6. Каков принцип измерения расстояний нитяным дальномером? Напишите рабочую формулу.
7. Как определяют поправку за наклон линии, измеренной нитяным дальномером?
8. Чему равна абсолютная погрешность измерения линии длиной $80,00$ м, если относительная погрешность равна $1/2000$?
9. Найдите средние квадратические абсолютную и относительную погрешности определения расстояния по нитяному дальномеру, если коэффициент дальномера $K = 100,0$, длина линии 80 м, а длина отрезка рейки между дальномерными нитями (в поле зрения трубы) отсчитана со средней квадратической погрешностью $2,0$ мм.
10. Как определяют неприступное расстояние?

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 7

1. Назовите главное условие нивелира с цилиндрическим уровнем.
2. Как вычисляют превышения и отметки связующих точек при геометрическом нивелировании "из середины"?
3. Как вычисляют отметки промежуточных точек при геометрическом нивелировании? Что называется горизонтом прибора?
4. Каков порядок работы при установке нивелиров в рабочее положение?
5. Какова последовательность работы на станции при техническом нивелировании?
6. Как определяют превышение при тригонометрическом нивелировании, если вычислено горизонтальное проложение?
7. Как вычисляют превышение при тригонометрическом нивелировании, если длина линии измерена нитяным дальномером?
8. Найдите погрешность определения превышения тригонометрическим нивелированием, если длина линии 100 м измерена с относительной погрешностью $1/2000$, а угол наклона линии равен 5° и измерен со средней квадратической погрешностью $0,5''$.
9. В чем сущность гидростатического нивелирования?
10. Найдите среднюю квадратическую погрешность определения превышения геометрическим нивелированием из середины, если погрешность отсчетов по рейкам 2 мм.

8. Геодезические сети

Назначение, принципы построения и классификация геодезических сетей. Государственная геодезическая сеть, геодезическая сеть сгущения, съемочная сеть. Основные геодезические задачи. Методы определения планового положения точек: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, геодезические засечки. Высотные сети. Технологическая последовательность создания геодезических сетей. Геодезические знаки и центры.

Литература: [1, § 64-73; 2, § 47-53].

Вопросы для самостоятельной работы

1. В чем состоят основные принципы построения и развития геодезических сетей?
2. В чем сущность метода триангуляции?
3. В чем сущность метода трилатерации?
4. В чем сущность метода полигонометрии?
5. Как измеряют углы и длины сторон при проложении теодолитно-высотного хода для создания плано-высотного съемочного обоснования?
6. В чем сущность прямой и обратной геодезической задач? При выполнении каких работ они находят применение?
7. В какой последовательности уравнивают углы и приращения координат при обработке теодолитных ходов?
8. В какой последовательности уравнивают превышения при обработке теодолитно-высотного хода?
9. В какой последовательности уравнивают превышения при обработке нивелирного хода в качестве высотного съемочного обоснования?
10. Чем определяется выбор метода создания высотного съемочного обоснования?

9. Топографические съемки

Топографические съемки как неотъемлемая часть геодезического обеспечения строительства. Виды топографических съемок. Общая характеристика полевых и камеральных работ при различных методах съемки. Выбор масштаба съемки и высоты сечения рельефа.

Теодолитная (горизонтальная), тахеометрическая и мензурная съемки. Нивелирование поверхности (вертикальная съемка). Фотограмметрические методы съемок. Понятие о цифровых моделях местности.

Литература: [1, §74-99; 2, § 54-70].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Как классифицируют топографические съемки в масштабах 1:5 000 и крупнее?
2. Каковы отличительные особенности теодолитной (горизонтальной), тахеометрической, мензурной, вертикальной и аэрофототопографической съемок?
3. Какие способы применяют для съемки контуров (ситуации)?
4. Каковы особенности съемки застроенных территорий?
5. Чем отличается журнал теодолитной съемки от журнала тахеометрической съемки?
6. Что называется абрисом съемки? Чем отличается абрис (кроки) тахеометрической съемки от абриса теодолитной съемки?
7. Как вычисляют превышения реечных точек относительно станции при тахеометрической съемке?
8. Как выполняют разбивку участка на квадраты, нивелирование по квадратам и вычисление отметок при вертикальной съемке?
9. Вычислите масштаб аэрофотоснимка, если длины отрезков между одними и теми же точками на аэрофотоснимке ($l_{сн}$) и топографической карте масштаба 1:10000 (l_k) имеют следующие значения: $l_{сн}$ (мм) равно числу, составленному из двух последних цифр учебного шифра студента; l_k равно столько же миллиметрам, сколько букв в фамилии студента.
10. Как перенести изображение объекта с аэрофотоснимка на топографическую карту? Что требуется знать, чтобы определить высоту объекта по стереопаре аэрофотоснимков?

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАБОТ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИЗЫСКАНИЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ

10. Геодезические работы при инженерных изысканиях

Задачи и состав инженерно-геодезических изысканий для строительства. Нормативные документы. Выбор метода, масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа в зависимости от стадии проектирования, вида сооружения и характера местности.

Инженерно-геодезические работы при изысканиях сооружений линейного типа. Камеральное и полевое трассирование. Инженерно-геодезическое обеспечение других видов изысканий.

Литература: [1, § 100-104, 107; 2, § 73-76].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Назовите состав и задачи инженерно-геодезических изысканий.
2. Назовите требования к методу, масштабу топографической съемки и высоте сечения рельефа в зависимости от вида сооружения и характера местности.
3. Назовите состав геодезических работ, выполняемых при изысканиях сооружений линейного типа.
4. Как разбивают пикетаж, выбирают углы поворота и радиусы кривых, плюсовые точки и поперечники?
5. Как определяют элементы круговой кривой и положение главных точек кривой на местности?
6. Рассчитайте пикетажные значения главных точек круговой кривой, если пикетажное значение вершины угла поворота ПК 4 + 20,45, угол поворота трассы 60° , радиус кривой 100 м.
7. Как вынести пикет на кривую? Приведите формулы и опишите методику полевых работ.
8. Как рассчитать длины и румбы прямых вставок трассы?
9. Какие точки трассы называют связующими и промежуточными? Как их нивелируют и как вычисляют отметки этих точек?
10. Как вычисляют и используют при разбивке пикетажа величину домера?

11. Перенесение на местность проектов застройки и планировки

Элементы инженерно-геодезического проектирования. Понятие о проекте производства геодезических работ (ППГР).

Создание геодезической разбивочной основы на строительной площадке. Строительные сетки, методы их создания, точность, закрепление на местности.

Плановые и высотные геодезические разбивочные работы; построение в натуре элементов разбивочных работ: проектных углов, расстояний, проектных отметок и линий заданного уклона. Построение в натуре проектных точек способами полярных и прямоугольных координат, угловых и линейных засечек, створных засечек.

Разбивка основных и главных осей зданий и сооружений, требования к точности, знаки закрепления осей. Разбивка основных осей от существующих зданий, красных линий, с пунктов строительной сетки и точек геодезического обоснования. Контроль, разбивки. Перенесение на местность проектов планировки городских и сельскохозяйственных объектов.

Геодезические расчеты при нанесении на профиль трассы проектной линии, составлении проекта вертикальной планировки. Картограмма земляных работ. Перенесение в натуру проектов насыпей и выемок автомобильных дорог, каналов и т.п.

Литература: [1, § 102-113, 121-123; 2, § 77-79].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Для чего и какими методами создают разбивочную основу для строительства?
2. Изобразите на рисунке основные схемы построения плановой разбивочной сети строительной площадки.
3. Как построить на местности проектный горизонтальный угол с точностью выше, чем точность отсчетного устройства теодолита?
4. Как вынести на местность проектную отметку с помощью нивелира и теодолита?
5. Как построить на местности линию проектного уклона с помощью нивелира и теодолита?
6. Назовите способы плановой разбивки сооружений и области их преимущественного применения. Изобразите на рисунке разбивочные элементы.
7. Изобразите на рисунке схему полярного способа разбивки сооружений и поясните способы определения разбивочных элементов.
8. Изобразите на рисунке схему разбивки сооружений способом угловой засечки и поясните, как определяют разбивочные элементы.
9. Изобразите на рисунке схемы разбивки сооружений способами прямоугольных координат и линейной засечки. В каких случаях эффективно использование этих способов?
10. Какие геодезические расчеты выполняют при проектировании горизонтальной площадки под условием соблюдения баланса земляных работ?

12. Геодезическое обеспечение строительства

Геодезические работы при сооружении котлованов и возведении фундаментов. Закрепление осей. Точность передачи отметок на дно глубоких котлованов. Геодезическое обслуживание свайных работ.

Геодезический контроль возведения подземной части зданий (сооружений).

Геодезическое обеспечение строительства надземной части зданий (сооружений). Построение плановой и высотной основы на исходном горизонте. Проектирование основных точек и передача отметок с исходного на монтажные горизонты. Построение опорной сети на монтажном горизонте.

Геодезические работы при монтаже и эксплуатации технологического оборудования инженерных сооружений; схемы опорных плано-высотных сетей, вынос в натуру монтажных и технологических осей. Специальные методы нивелирования. Установка и контроль положения высотных сооружений по вертикали. Геодезический контроль строительно-монтажных работ.

Исполнительные съемки. Техника безопасности охрана окружающей среды при выполнении инженерно-геодезических работ.

Литература: [1, § 114, 123-130, 120; 2, § 79].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Для какой цели и на основании каких плано-картографических материалов производят вертикальную планировку территории строительства?
2. Какие геодезические работы выполняют при отрывке котлована?

3. Какие геодезические работы выполняют при возведении фундаментов?
4. Как передают отметку на дно глубокого котлована с помощью нивелира?
5. Как передают отметку на высокую точку сооружения с помощью нивелира?
6. Какими методами строят плановую основу на монтажном горизонте?
7. Какими методами создают высотную основу на монтажном горизонте?
8. В чем сущность способа вертикального проектирования, применяемого для передачи осей по вертикали на монтажный горизонт с помощью прибора вертикального визирирования?
9. В чем сущность способа наклонного проектирования, применяемого для передачи осей по вертикали с помощью теодолита?
10. С какой целью проводят исполнительные съемки?

13. Основные сведения о наблюдениях за осадками и смещениями зданий и сооружений

Виды деформаций инженерных сооружений. Методы наблюдений за смещениями сооружений в плане и по высоте. Определение осадок, сдвигов и кренов. Закладка плановых и высотных знаков. Стереофотограмметрические методы наблюдений за осадками и деформациями сооружения при его эксплуатации и испытаниях строительных конструкций. Периодичность и точность наблюдений за осадками и деформациями сооружений и несущих конструкций в период строительства объекта и его эксплуатации.

Литература: [1, § 115-119, 131; 2, § 79].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. С какой целью выполняют геодезические наблюдения за деформациями зданий и сооружений?
2. Назовите основные виды деформаций зданий и сооружений, являющиеся предметом геодезических наблюдений.
3. Как и с какой точностью определяют геодезическими методами осадки зданий и сооружений?
4. Что служит высотной основой для измерения осадок сооружения?
5. Рассчитайте величину осадки сооружения, если при геометрическом нивелировании отсчеты по рейкам, установленным на фундаментальном (глубинном) репере и осадочной марке, получились равными: в первом цикле наблюдения - 1595 и 1442; во втором цикле - 1802 и 1646.
6. Какие способы и приборы применяют для измерения горизонтальных смещений (сдвигов) элементов конструкций зданий и сооружений?
7. Рассчитайте величину сдвига (смещения) некоторой точки сооружения, если ее координаты, определенные методом микротриангуляции, в первом и во втором циклах наблюдений получились (м): $X_1=114,116$; $Y_1=236,918$; $X_2=114,119$; $Y_2=236,914$.
8. Как определяют скорость осадки сооружения?
9. Как и с какой точностью измеряют геодезическими методами крен зданий и сооружений?
10. Рассчитайте угловую величину крена стены здания высотой 30 м, если линейная величина крена, найденная с помощью отвеса, равна 32 мм.

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

14. Промышленное, гражданское, теплоэнергетическое, сельскохозяйственное и гидротехническое строительство

Техническая эксплуатация зданий и сооружений для специальностей 70 01 01, 70 02 01, 70 03 01

Геодезическое обеспечение строительства зданий (сооружений) современных объемно-планировочных и конструктивных решений (каркасно-панельных, крупнопанельных, монолитных и др.) и монтажа подкрановых путей. Геодезический контроль точности монтажа конструктивных элементов.

Геодезическое обеспечение строительства и монтажа оборудования тепловых и атомных электростанций. Геодезические наблюдения за осадкой фундаментов и деформациями отдельных конструктивных элементов.

Геодезическое обеспечение строительства сельскохозяйственных и гидромелиоративных объектов, монтажа их технологического оборудования; наблюдения за деформациями сооружаемых объектов.

Геодезическое обеспечение строительства прецизионных объектов (ускорителей заряженных частиц, крупных радиотелескопов и др.).

Инженерно-геодезические работы при строительстве гидротехнических сооружений (гидроузлов, каналов, тоннелей и др.), на континентальном шельфе, по исследованию активности подработки берегов водохранилища. Геодезические работы при технической эксплуатации зданий и сооружений. Контроль стабильности геометрического положения технологического оборудования, наблюдения за деформациями несущих конструкций зданий. Геодезические работы при реконструкции, надстройке и передвижке зданий. Исполнительные съемки.

Литература: [1, гл. 19, 20, 23; 2, § 79].

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Как выполняют геодезический контроль разбивки dna котлована?
2. Рассчитайте среднюю квадратическую погрешность передачи отметки на дно глубокого котлована с помощью нивелира, рейки и опущенной отвесно в котлован рулетки (погрешностями в отметке строительного репера, поправках за температуру, компарирование и другими пренебречь; средняя квадратическая погрешность отсчета по рейке 2 мм, по рулетке 3 мм).
3. Как выверяют вертикальность колонн в процессе их монтажа?
4. Как выверяют ряд колонн боковым нивелированием?
5. Как контролируют монтаж фундаментных блоков по высоте?
6. Как контролируют возведение свайных фундаментов?
7. Как выверяют положение подкрановых балок по высоте?
8. Рассчитайте среднюю квадратическую погрешность переноса базового знака на перекрытие монтажного горизонта способом вертикального проектирования, если точность фиксации отвесной линии прибором вертикального проектирования 2", а высота монтажного горизонта равна числу (м), составленному из двух последних цифр учебного шифра студента (погрешностями за центрировку прибора и фиксацию точки на перекрытии пренебречь).

9. Рассчитать среднюю квадратическую погрешность передачи отметки на монтажный горизонт с помощью нивелира, если погрешность отсчета по рейке и рулетке равна 2 мм (погрешностями в отметке исходного строительного репера, поправках за температуру и компарирование реек и рулетки пренебречь).

10. Как измеряют выпучивание и не вертикальность стеновых панелей и внутренних несущих стен при геодезическом контроле состояния здания (сооружения) в процессе его технической эксплуатации?

15. Строительство систем водоснабжения и канализации (ВиК), (для специальностей 70 04 03, 74 05 01)

Основные виды топографо-геодезических работ при строительстве систем ВиК. Топографическая основа для различных стадий проектирования и видов сооружений. Съёмка подземных коммуникаций. Геодезические работы при изысканиях трубопроводов, проектирование вертикальной планировки. Перенос в натуру и укладка трубопроводов. Исполнительные съёмки и особенности наблюдения за деформациями.

Литература: [1, § 150-1541.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Какие методы плано-высотного обоснования применяют чаще всего для обеспечения строительства подземных коммуникаций?

2. Как разбить на местности линию заданного уклона с помощью нивелира?

3. Как разбить на местности линию заданного уклона с помощью теодолита?

4. Какие способы применяют при плановой съёмке смотровых колодцев канализации? Назовите области преимущественного применения способов.

5. Для вынесения в натуру с помощью нивелира линии заданного уклона вычислите отсчет по нивелирной рейке, соответствующий концу линии с уклоном - 8‰;

длина линии 60 м, отсчет по рейке на начальной точке линии 0252.

6. Рассчитайте по результатам геометрического нивелирования отметку дна котлована, если отметка репера 119,119 м, отсчеты на станции 1 по рейке, стоящей на 1 репере, - 1212, а по рулетке, опущенной отвесно в котлован нулем вниз, - 4,315 м; отсчеты на станции 2: по рейке на дне котлована - 1238 и по рулетке - 1,038 м.

7. Опишите методику определения разбивочных элементов и порядок работы при перенесении в натуру проектного положения смотрового колодца способом линейной засечки.

8. Опишите методику определения разбивочных элементов и порядок работы при перенесении в натуру проектного положения трассы трубопровода способом проложения теодолитного хода.

9. Рассчитайте среднюю квадратическую погрешность передачи отметки на дно глубокого котлована с помощью нивелира, рейки и опущенной вертикально вниз рулетки, если средние квадратические погрешности отсчета по рейке 2 мм, а по рулетке 3 мм (другими источниками погрешностей пренебречь).

10. Рассчитайте линейную погрешность смещения конечной точки трубопровода длиной 500 м, если при задании направления была допущена угловая погрешность $m_{\beta} = 60''$.

Контрольная работа № 1

Работа состоит из четырех заданий выполняемых на листах формата А-4. Ответы на вопросы и решения всех задач, входящих в данную работу должны быть сброшюрованы в одну тетрадь и высланы на рецензирование в сроки, установленные деканатом.

Задание 1. Ответы на вопросы по темам 2-9 раздела 1.

Основные сведения по геодезии

Из списка вопросов и задач для самостоятельной работы необходимо составить ответы на четыре вопроса. Номер вопроса или задачи определяется последней цифрой учебного шифра студента (1,2,3,4,5,6,7,8,9, 0 (10)). Студенты, фамилии которых начинаются с букв А, Б, В, К, отвечают на вопросы или решают задачи к темам с нечетными номерами (за исключением темы № 1). Студенты, фамилии, которых начинаются с букв Л, М, Н, Я, отвечают на вопросы или решают задачи к темам с четными номерами.

Рекомендуется ответы сопровождать пояснительными рисунками.

Задание 2. Обработка результатов теодолитной съемки

На рабочей схеме теодолитного хода, проложенного между пунктами полигонометрии I и II (рис. 1.1), подписаны средние значения горизонтальных углов β , углов наклона, расстояний Д, которые являются общими для всех вариантов от 00, 01, 02, до 99.

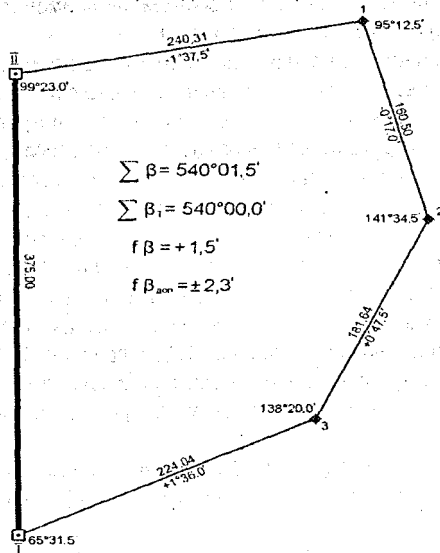


Рис. 1.1. рабочая схема теодолитного хода

Таблица 1.1 Исходные данные к контрольной работе № 1

Вариант	Координаты, м				Высоты, м		Дирекционные углы, α_{I-II} о'
	X_I	Y_I	X_{II}	Y_{II}	п.п. I,	п.п. II,	
					H_I	H_{II}	
1	2	3	4	5	6	7	8
00	520,00	520,00	894,90	531,25	56,73	55,63	1°43,1'
01	520,00	520,00	894,70	535,00	49,49	48,39	2° 17,5'

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
02	520,00	520,00	894,10	546,19	40,28	39,18	4°00,2'
03	520,00	520,00	892,75	560,98	62,85	61,75	6°16,5'
04	520,00	520,00	890,75	576,23	55,68	54,58	8°37,5'
05	520,00	520,00	888,88	587,50	46,35	45,25	10°22,2'
06	520,00	520,00	885,82	602,50	65,82	64,72	12°42,5'
07	520,00	520,00	883,09	613,75	70,91	69,81	14°28,7'
08	520,00	520,00	880,00	624,98	52,54	51,44	16°15,5'
09	520,00	520,00	875,29	640,00	45,36	44,26	18°39,7'
10	520,00	520,00	871,29	651,25	59,80	58,70	20°29,2'
11	520,00	520,00	865,30	666,25	68,38	67,28	22°57,3'
12	520,00	520,00	860,32	677,50	50,82	49,72	24°50,1'
13	760,00	480,00	917,50	820,32	54,51	53,41	65°09,9'
14	760,00	480,00	906,25	825,30	73,72	72,62	67°02,2'
15	760,00	480,00	891,25	831,29	54,28	53,18	69°30,8'
16	760,00	480,00	880,00	835,29	48,73	47,63	71°20,3'
17	760,00	480,00	864,98	840,00	67,28	66,18	73°44,5'
18	760,00	480,00	853,75	843,09	60,89	59,79	75°31,3'
19	760,00	480,00	842,50	845,82	45,46	44,36	77°17,5'
20	760,00	480,00	827,50	848,88	52,58	51,48	79°37,8'
21	760,00	480,00	816,23	850,75	65,72	64,62	81°22,5'
22	760,00	480,00	800,98	852,75	52,91	51,81	83°43,5'
23	760,00	480,00	786,19	854,10	77,29	76,19	85°59,8'
24	760,00	480,00	775,00	854,70	69,72	68,62	87°42,5'
25	760,00	480,00	771,25	854,90	56,47	55,37	88°16,9'
26	900,00	540,00	888,75	914,90	68,72	67,62	91°43,1'
27	900,00	540,00	885,00	914,70	50,77	49,67	92°17,5'
28	900,00	540,00	873,81	914,10	52,91	51,81	94°00,2'
29	900,00	540,00	859,02	912,75	50,85	49,75	96°16,5'
30	900,00	540,00	843,77	910,75	68,63	67,53	98°37,5'
31	900,00	540,00	832,50	908,88	56,43	55,33	100°22,2'
32	900,00	540,00	817,50	905,82	69,33	68,23	102°42,5'
33	900,00	540,00	806,25	903,09	50,89	49,79	104°28,7'
34	900,00	540,00	795,02	900,00	58,38	57,28	106°15,5'
35	900,00	540,00	780,00	895,29	65,81	64,71	108°39,7'
36	900,00	540,00	768,75	891,29	58,65	57,55	110°29,2'
37	900,00	540,00	753,75	885,30	50,88	49,78	112°57,3'
38	940,00	760,00	594,70	906,25	79,34	78,24	157°02,7'
39	940,00	760,00	588,71	891,25	66,43	65,33	159°30,8'
40	940,00	760,00	584,71	880,00	65,33	64,23	161°20,3'
41	940,00	760,00	580,00	864,98	75,43	74,33	163°44,5'
42	940,00	760,00	576,91	853,75	58,89	57,79	165°31,3'
43	940,00	760,00	574,18	842,50	64,43	63,33	167°17,5'
44	940,00	760,00	571,12	827,50	58,34	57,24	169°37,8'
45	940,00	760,00	569,25	816,23	66,85	65,75	171°22,5'
46	940,00	760,00	567,25	800,98	49,43	48,33	173°43,5'
47	940,00	760,00	565,90	786,19	52,82	51,71	175°59,8'
48	940,00	760,00	565,30	775,00	55,63	54,53	177°42,5'
49	940,00	760,00	565,10	771,25	74,38	73,28	178°16,9'

50	900,00	880,00	525,10	868,75	57,43	56,33	181°43,1'
51	900,00	880,00	525,30	865,00	63,82	62,72	182°17,5'
52	900,00	880,00	525,90	853,81	48,47	47,37	184°00,2'
53	900,00	880,00	527,25	839,02	55,33	54,23	186°16,5'
54	900,00	880,00	529,25	823,77	74,61	73,51	188°37,5'
55	900,00	880,00	531,12	812,50	48,48	47,38	190°22,2'
56	900,00	880,00	534,18	797,50	57,72	56,62	192°42,5'
57	900,00	880,00	536,91	786,25	45,71	44,61	194°28,7'
58	900,00	880,00	540,00	775,02	67,48	66,38	196°15,5'
59	900,00	880,00	544,71	760,00	60,65	59,55	198°39,7'
60	900,00	880,00	548,71	748,75	50,82	49,72	200°29,2'
61	900,00	880,00	554,70	733,75	74,58	73,48	202°57,3'
62	900,00	880,00	559,68	722,50	68,43	67,33	204°50,1'
63	660,00	940,00	502,50	599,68	60,78	59,68	245°09,9'
64	660,00	940,00	513,75	594,70	45,33	44,23	247°02,7'
65	660,00	940,00	528,75	588,71	68,72	67,62	249°30,8'
66	660,00	940,00	540,00	584,71	59,53	58,43	251°20,3'
67	660,00	940,00	555,02	580,00	48,43	47,33	253°44,5'
68	660,00	940,00	566,25	576,91	72,38	71,28	255°31,3'
69	660,00	940,00	577,50	574,18	80,64	79,54	257°17,5'
70	660,00	940,00	592,50	571,12	68,33	67,23	259°37,8'
71	660,00	940,00	603,77	569,25	70,63	69,53	261°22,5'
72	660,00	940,00	619,02	567,25	57,91	56,81	263°43,5'
73	660,00	940,00	633,81	565,90	40,32	39,22	265°59,8'
74	660,00	940,00	645,00	565,30	57,82	56,72	267°42,5'
75	660,00	940,00	648,75	565,10	68,52	67,42	268°16,9'
76	540,00	900,00	551,25	525,10	55,67	54,57	271°43,1'
77	540,00	900,00	555,00	525,30	62,29	61,19	272°17,5'
78	540,00	900,00	566,19	525,90	60,71	59,61	274°00,2'
79	540,00	900,00	580,98	527,25	50,94	49,84	276°16,5'
80	540,00	900,00	596,23	529,25	54,33	53,23	278°37,5'
81	540,00	900,00	607,50	531,12	69,71	68,61	280°22,2'
82	540,00	900,00	622,50	534,18	59,84	58,74	282°42,5'
83	540,00	900,00	633,75	536,91	50,39	49,29	284°28,7'
84	540,00	900,00	644,98	540,00	78,43	77,33	286°15,5'
85	540,00	900,00	660,00	544,71	65,64	64,54	288°39,7'
86	540,00	900,00	671,25	548,71	54,78	53,68	290°29,2'
87	540,00	900,00	686,25	554,70	46,76	45,66	292°57,3'
88	480,00	660,00	825,30	513,75	59,73	58,63	337°02,7'
89	480,00	660,00	831,29	528,75	62,27	61,17	339°30,8'
90	480,00	660,00	835,29	540,00	79,44	78,34	341°20,3'
91	480,00	660,00	840,00	555,02	48,96	47,86	343°44,5'
92	480,00	660,00	843,09	566,25	54,54	53,44	345°31,3'
93	480,00	660,00	845,82	577,50	48,75	47,65	347°17,5'
94	480,00	660,00	848,88	592,50	59,86	58,76	349°37,8'
95	480,00	660,00	850,75	603,77	62,35	61,25	351°22,5'
96	480,00	660,00	852,75	619,02	83,46	82,36	353°43,5'
97	480,00	660,00	854,10	633,81	49,84	48,74	355°59,8'
98	480,00	660,00	854,70	645,00	82,33	81,23	357°42,5'
99	480,00	660,00	854,90	648,75	59,28	58,18	358°16,9'

Исходные данные: координаты и высоты пунктов полигонометрии, а также дирекционные углы определяются по следующей схеме. Сначала студент определяет номер варианта в таблице 1.1 по двум последним цифрам своего шифра и к полученным данным, к их последним цифрам, прибавляет число, равное количеству букв в фамилии.

Пример: Студент Ивановский – 10 букв; шифр 30629; вариант 29.

Выбираем из таблицы 1.1 для варианта 29

$X_I = 900,00$ м; $Y_I = 540,00$ м;

$X_{II} = 859,02$ м; $Y_{II} = 912,75$ м;

$H_I = 50,85$ м; $H_{II} = 49,75$ м;

$\alpha_{I-II} = 96^\circ 16,5'$

Следовательно, исходными данными студента Иванковского будут:

$X_I = 900,10$ м; $Y_I = 540,10$ м;

$X_{II} = 859,12$ м; $Y_{II} = 912,85$ м;

$H_I = 50,95$ м; $H_{II} = 49,85$ м;

$\alpha_{I-II} = 96^\circ 17,5'$

В таблице 1.2. вычислены горизонтальные проложения, превышения, выполнена увязка превышений и вычислены высоты пунктов 1, 2, 3 теодолитного хода.

При этом содержание граф 1-7 является общим для всех вариантов. Графа 8 заполняется каждым студентом самостоятельно. Для этого сначала согласно своему варианту выписываются высоты п.п. I и п.п. II.

Учитывая, что теодолитный ход разомкнутый (опирается на два пункта полигонометрии с известными высотами), невязку в превышениях следует вычислить по формуле

$$f_h = \sum h - \sum h_T \quad (1.1)$$

где $\sum h_T = H_I - H_{II}$, $\sum h$ – алгебраическая сумма вычисленных превышений.

Таблица 1.2. Вычисление горизонтальных проложений, превышений и высот точек теодолитного хода

№№ точек	Длины линий D, м	Углы наклона V	Горизонтальные проложения d, м	Вычисленные превышен. h, м	Поправки, см	Превышения исправл. h, м	Высоты точек H, м	№№ точек
1	2	3	4	5	6	7	8	9
II							35,15	II
	240,31	-1°37,5'	240,21	-6,80	-3	-6,83		
1							28,32	1
	160,50	-0°17,0'	160,50	-0,80	-2	-0,82		
2							27,50	2
	181,64	+0°47,5'	181,62	+2,52	-2	+2,50		
3							30,00	3
	224,04	+1°36,0'	223,95	+6,28	-3	+6,25		
I							36,25	I
Суммы			P=0,8 км	+1,20	-10	+1,10		
				$f_h = +0,10$ м;		$f_{h_{\text{доп}}} = \pm 0,18$ м		

Допустимая невязка определяется по формуле

$$f_{h_{\text{доп}}} = \pm 20 \text{ см} \sqrt{P} = \pm 0,18 \text{ м}, \quad (1.2)$$

где P – длина хода в км (P=0,8 км).

Величина допустимой невязки $f_{\text{доп}}$ для всех вариантов имеет одинаковое значение $\pm 0,18$ м. Следовательно, превышения h определены с требуемой точностью и невязку f_h , равную $+0,10$ м, следует распределить на все превышения пропорционально длинам линий с противоположным знаком. Величины поправок записаны в графе 6.

Сумма исправленных превышений должна быть равна теоретической $\sum h_{\text{т}} = H_{\text{I}} - H_{\text{II}}$.

Высоты вычисляют последовательным алгебраическим сложением высоты предыдущей точки с исправленным превышением. Вычисленная таким образом высота H_{I} должна быть равна исходной.

Вычисление координат вершин теодолитного хода

Координаты вычисляют в ведомости вычисления координат (табл. 1.3). Вначале заполняют графы известной информацией. В графу 1 записывают номера точек, начиная с исходных I, II, 1, 2, 3, I, II. В графу 2 записывают значения измеренных горизонтальных углов, которые указаны на рабочей схеме теодолитного хода. В графу 4 выписывается исходный дирекционный угол линии I - II в соответствии с вариантом. Из таблицы 1.2 (графа 4) переписывают в графу 6 ведомости вычисления координат горизонтальные проложения d . Наконец, переписывают исходные координаты точек I, II в графы 11 и 12. Вся числовая информация должна быть переписана в соответствующие графы так, как указано в таблице 1.3.

Вычисления в таблице 1.3 начинают с вычисления исправленных горизонтальных углов (графа 3). Поскольку измеренные горизонтальные углы (графа 2) содержат неизбежные случайные погрешности, практическая сумма $\sum \beta_{\text{пр}}$ не равна теоретической $\sum \beta_{\text{т}}$. Причем несовпадение этих сумм дает угловую невязку f_{β}

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{пр}} - \sum \beta_{\text{т}}, \quad (1.3)$$

где $\sum \beta_{\text{пр}} = \beta_{11} + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4$; $\sum \beta_{\text{т}} = 180^\circ (n-2)$;

n - количество углов в ходе ($n=5$).

В таблице 1.3 величина угловой невязки $f_{\beta} = +1,5'$

Для оценки точности угловых измерений полученную невязку сравнивают с допустимой

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 2t \sqrt{n}, \quad (1.4)$$

где t - точность теодолита $2T30$, равная $30''$.

Допустимая невязка получилась $\pm 2,3'$. Убедившись, что фактическая невязка $|f_{\beta}| < f_{\beta \text{ доп}}$ распределяют фактическую угловую невязку поровну на все углы, округляя поправки до $0,1'$. Знаки поправок противоположны знаку невязки. Поправки записывают над значениями единиц минут (см. табл. 1.3).

Контроль правильности исправления углов - равенство

$$\sum \beta_{\text{испр}} = \sum \beta_{\text{т}}$$

В примере таблицы 1.3 $\sum \beta_{\text{т}} = 540^\circ 00,0'$.

В графе 4 записаны дирекционные углы линий, которые вычисляют по схеме: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей, плюс 180° и минус, исправленный горизонтальный угол между этими линиями (для правых по ходу углов), т.е.

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + 180^\circ - \beta_{\text{испр}}. \quad (1.5)$$

Если при вычислении получится $\alpha > 360^\circ$, то нужно вычесть 360° ;

если при вычислении получится $\alpha < 0^\circ$, то нужно прибавить 360° .

Контролем правильности вычисления дирекционных углов является равенство

$$\alpha_{\text{II иск}} = \alpha_{\text{II выч}}; \quad \alpha_{\text{I-II выч}} = \alpha_{\text{I-II}} + 180^\circ - \beta_{\text{I испр}}.$$

Таблица № 1.3. Ведомость вычисления координат теодолитного хода

№ точек	Измерен. горизонт. углы, поправки β_i	Исправл. горизонт. углы β_i	Дирекционные углы β_i	Sin γ Cos γ	Горизонт. проложен d, м	Приращения координат, м			Координаты точек, м		
						Δx	Δy	Δx	Δy	X	Y
I						7	8	9	10	11	12
II											
I	-0,3' 99°23,0'	99°22,7'	0°00,0'	0,98663 0,16295	240,21	+0,03 +39,14	-0,04 +237,00	+39,17	+236,96	875,00	500,00
1	-0,3' 95°12,5'	95°12,2'	ЮВ: 14°34,9' 165°25,1'	0,25176 0,96780	160,50	+0,02 -155,33	-0,04 +40,40	-155,31	+40,36	914,17	736,96
2	-0,3' 141°34,5'	141°34,2'	ЮЗ: 23°50,9' 203°50,9'	0,40432 0,91462	181,62	+0,02 -166,11	-0,04 -73,43	-166,09	-73,47	758,86	777,32
3	-0,3' 138°20,0'	138°19,7'	ЮЗ: 65°31,2' 245°31,2'	0,91011 0,41438	223,95	+0,03 -92,80	-0,04 -203,81	-92,77	-203,85	592,77	703,85
I	-0,3' 65°31,5'	65°31,2'	0°00,0'							500,00	500,00
II											
						$\sum \Delta x = -375,10 + 0,16 = -375,00$ $\sum \Delta y = -375,00 + 0,00 = -375,00$ $f_x = -0,10$ $f_y = +0,16$					
						$\sum \beta_{изп} = 540°00,0'$ $\sum \beta_{изм} = 540°01,5'$ $\sum \beta_i = 540°00,0'$ $f_{\beta} = +1,5'$ $f_{\beta_{доп.}} = 2\sqrt{\sum \beta_i} = \pm 2,3'$					
						$\sum \Delta x = -375,10 + 0,16 = -375,00$ $\sum \Delta y = -375,00 + 0,00 = -375,00$ $f_x = -0,10$ $f_y = +0,16$ $P = 806,28 \approx 806$					

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,18$$

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{0,18}{806} \approx \frac{1}{4500} < \frac{1}{2000}$$

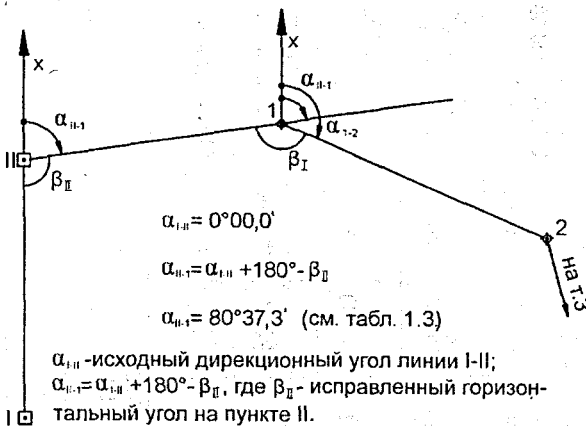


Рис. 1.2. Вычисление дирекционных углов линий теодолитного хода

Вычисление приращений координат (прямая геодезическая задача)

Приращения координат ΔX и ΔY - это проекции горизонтального проложения d на ось абсцис (X) и на ось ординат (Y), (Рис. 1.3).

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= d \cdot \cos r \\ \Delta Y &= d \cdot \sin r \end{aligned} \right\} \quad (1.6)$$

где d - горизонтальное проложение (графа. 6, таблица 1.3);

r - острый угол между осью X -ов и направлением линии (румб).

Следует помнить, что в геодезии, в отличие от математики ось X ориентирована на север, а ось Y - на восток.

Перед вычислением приращений, необходимо определить румбы линий, которые вычисляются по дирекционным углам (рис. 1.4) На рисунке 1.4 оси X и Y образуют четыре четверти (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ). СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ соответственно: северо-восточное, юго-восточное, юго-западное, северо-западное направления. Переход от дирекционных углов к румбам осуществляется, как показано в таблице 1.4.

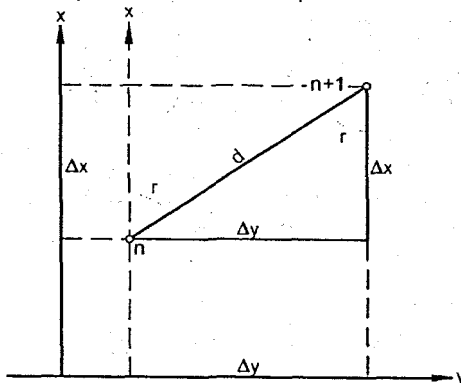
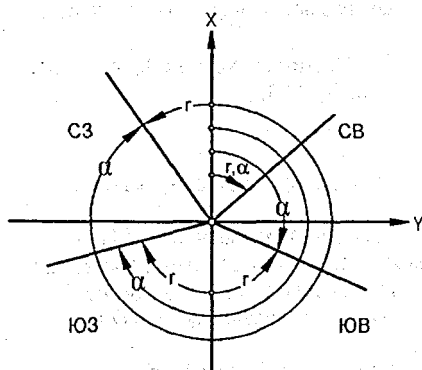


Рис. 1.3. Прямая геодезическая задача



Перед численным значением румба обязательно указывают наименование направления. **Например:**

$$r = \text{СВ}:80^{\circ}37,3'.$$

Вычислив румбы, их значения записывают в таблицу 1.3 (графа 4).

Значения $\sin r$ и $\cos r$ определяют по таблице натуральных тригонометрических функций или вычисляют на калькуляторе и удерживают не менее пяти знаков после запятой.

$$\text{Например, } \sin 80^{\circ}37,3' = 0,98663.$$

Рис. 1.4. Связь между румбами и дирекционными углами

Если пользоваться калькулятором, то число минут предварительно переводят в доли градуса.

$$\text{Например: } r = 8^{\circ}37,3' = 8^{\circ} + \left(\frac{37,3'}{60}\right) = 8,62^{\circ}$$

Таблица 1.4 Вычисление румбов. Знаки приращений координат

Четверти	Значения α	Формулы вычисления румбов	Знаки приращений	
			Δx	Δy
СВ	$0^{\circ} - 90^{\circ}$	$r = \alpha$	+	+
ЮВ	$0^{\circ} - 180^{\circ}$	$r = 180^{\circ} - \alpha$	-	+
ЮЗ	$0^{\circ} - 270^{\circ}$	$r = \alpha - 180^{\circ}$	-	-
СЗ	$0^{\circ} - 360^{\circ}$	$r = 360^{\circ} - \alpha$	+	-

Вычисленные по формулам (1.6) приращения ΔX и ΔY записываем в графы 7 и 8 таблицы 1.3, предварительно поставив знаки и округлив до 0,01 м.

При измерении длин линий, так же как и при измерении горизонтальных углов, были допущены неизбежные случайные погрешности, которые не должны выходить за относительные пределы 1/2000. Поэтому приращения координат также содержат погрешности по осям X и Y.

В таблице 1.3 вычислены алгебраические суммы приращений координат и теоретические значения.

Невязки f_x и f_y вычисляют по формулам

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x - (X_k - X_n) = \sum \Delta x_{пр} - \sum \Delta x_{т} \\ f_y &= \sum \Delta y - (Y_k - Y_n) = \sum \Delta y_{пр} - \sum \Delta y_{т} \end{aligned} \right\} \quad (1.7)$$

Прежде, чем распределить невязки, внося поправки в приращения, необходимо вычислить абсолютную невязку $f_{абс}$ и относительную $f_{отн}$

$$\left. \begin{aligned} f_{абс} &= \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \\ f_{отн} &= \frac{f_{абс}}{P} \leq \frac{1}{2000} \end{aligned} \right\} \quad (1.8)$$

где $P = \sum d$ – длина хода.

Относительная невязка не должна превышать допустимую, то есть 1/2000.

Поправки в приращения должны быть пропорциональны горизонтальным проложениям, а их знаки – противоположны знаку невязки. Величины поправок записывают над вычисленными приращениями координат.

Контроль – сумма исправленных приращений должна равняться теоретической, то есть $\sum \Delta X_i = X_n - X_n$; $\sum \Delta Y_i = Y_n - Y_n$.

Координаты вычисляют последовательным алгебраическим сложением предыдущих координат и исправленных приращений (см. табл. 1.3 графы 11,12).

$$\left. \begin{aligned} X_{n+1} &= X_n + \Delta X_n \\ Y_{n+1} &= Y_n + \Delta Y_n \end{aligned} \right\} \quad (1.9)$$

Контролем правильности вычисления координат является равенство вычисленных X_i и Y_i исходных координат пункта I.

Вычисленные координаты точек теодолитного хода, исходные координаты п.п. I и п.п. II, а также абрис теодолитной съемки (рис. 1.6) объектов позволяют составить контурный план строительного участка. Контурный план необходимо составить в масштабе 1:2000.

На листе чертежной бумаги формата А-3 вычерчивают координатную сетку со стороной квадрата 10 см (10x10 см).

На рис 1.5 показана последовательность вычерчивания координатной сетки.

Проведены тонкие вспомогательные линии, соединяющие углы листа.

От точки пересечения этих линий отложены очень точно измерителем одинаковые отрезки с таким расчетом, чтобы до нижней кромки листа было расстояние ≈ 5 см. Полученные точки А, В, С, Д соединяем прямыми линиями по горизонтали и вертикали и получаем прямоугольник или квадрат. На всех линиях, начиная от нижнего левого угла, откладываем измерителем отрезки в 10 см и, соединив их, получаем координатную сетку.

Построения выполняем остро заточенным твердым карандашом. По окончании построения все вспомогательные линии удаляем резинкой. Во все стороны от внешних линий сетки откладываем 13 мм и, соединив эти точки, получим внешнюю рамку, которую проводим утолщенной линией ≈ 1 мм. Сетку необходимо оцифровать, как показано на рис 1.5, одинаково для всех вариантов. Сетка оцифрована в километрах для масштаба 1:2000.

Далее по координатам наносят точки теодолитного хода и опорные пункты полигонометрии I, II.

Предположим, требуется нанести точку 1 с координатами $X_1=914,17$ м и $Y_1=736,96$ м, поступаем следующим образом.

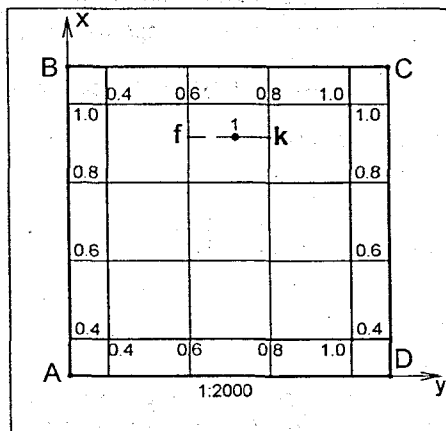


Рис. 1.5. Построение координатной сетки

Вначале определяем по координатам точки 1, в каком квадрате она расположена. По оси абсцисс (X) точка расположена между координатными линиями с оцифровкой 0,8-0,8 и 1,0-1,0, а по оси ординат – между линиями 0,6-0,6 и 0,8-0,8. Таким образом, точка расположена в среднем квадрате верхнего ряда. Далее определяем разности δ_x и δ_y между оцифрованными линиями и координатами точки 1. Точка 1 находится над координатной линией 0,8-0,8 на расстоянии $\delta_x = 914,17\text{ м} - 800\text{ м} = 114,17\text{ м}$. Это расстояние раствором измерителя набираем по масштабной линейке в масштабе 1: 2000 и откладываем по вертикальным осям 0,6 и 0,8 от горизонтальной 0,8-0,8 и получим точки f и K (рис. 1.5). По линии $f - K$ от точки f откладываем отрезок $\delta_y = 736,96\text{ м} - 600\text{ м} = 136,96\text{ м}$. Таким образом, получаем точку 1. Так же наносят все точки теодолитного хода и п.п. I и II.

Пользуясь абрисом-кроки (рис. 1.6), строят контурный план (рис. 1.7). Наносят характерные точки объектов (стройки, дороги ЛЭП и др.). В дальнейшем контурный план будет служить основой для составления топографического плана (задание 3). Оформляют контурный план в соответствии с условными знаками (рис. 1.8) для масштаба 1: 2000.

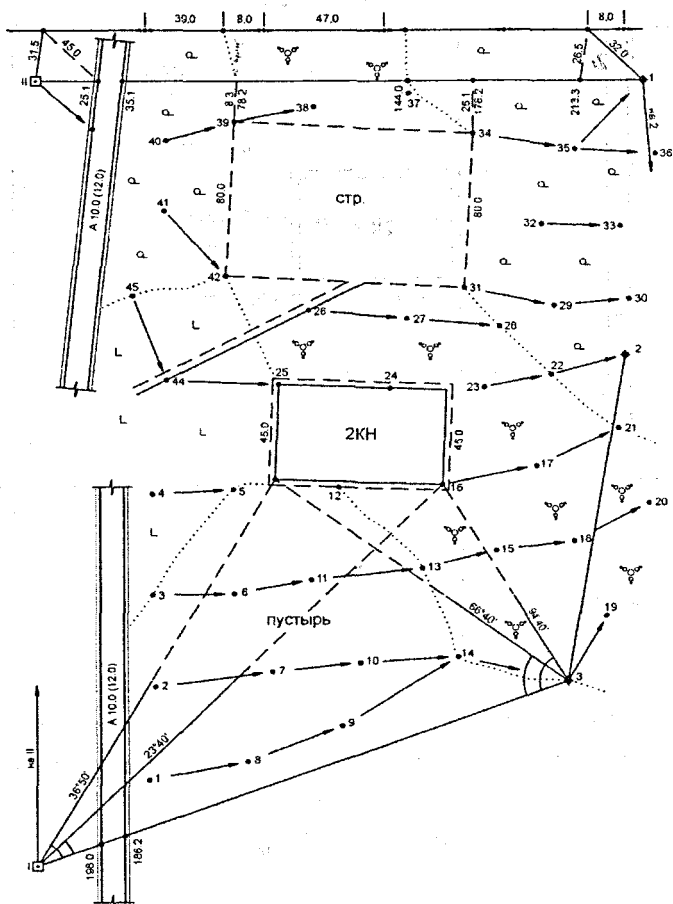
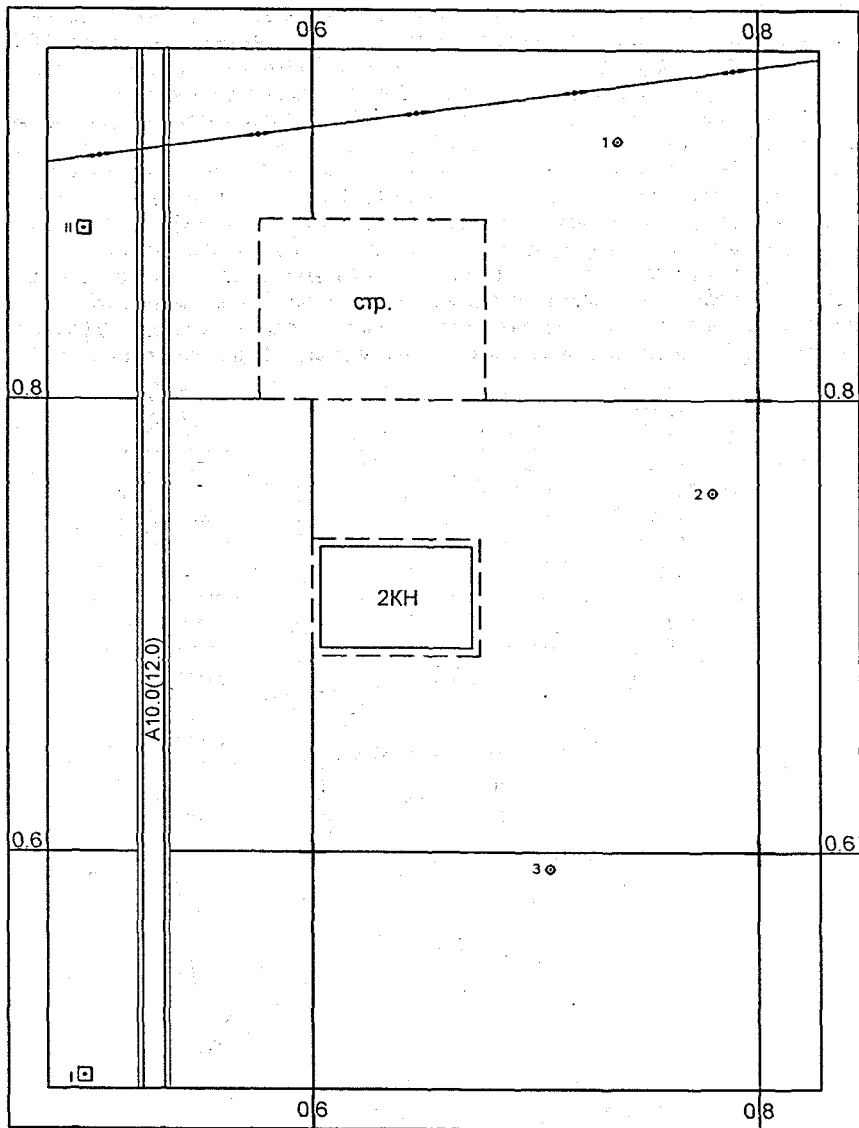


Рис. 1.6. Абрис-кроки теодолитной съёмки



1:200

Рис. 1.7. Контурный план

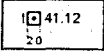
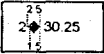
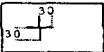
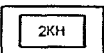
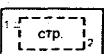
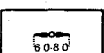
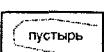
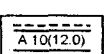
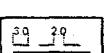


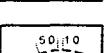
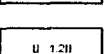
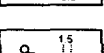
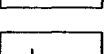
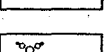
	- пункты геодезических сетей сгущения и их номера высоты
	- точки плановых съемочных сетей на местности
	- пересечения линий координатной сетки (зеленый цвет)
	- строения нежилые огнестойкие выше одного этажа
	- здания строящиеся
	- ЛЭП низкого напряжения
	- пустыри
	- автомобильные дороги с покрытием (пунктир зеленым цветом)
	- дороги грунтовые проселочные
	- горизонтали утолщенные (светло-коричневый цвет)
	- горизонтали основные (светло-коричневый цвет)
	- горизонтали дополнительные (полугоризонтали)
	- растительность травяная, луговая (разнотравье)
	- лес редкий
	- лес вырубленный
	- кустарник

Рис. 1.8. Некоторые условные знаки, для масштаба 1:2000

Задание 3. Обработка результатов тахеометрической съемки

В методических указаниях представлен журнал тахеометрической съемки (таблица 1.5), в котором результаты съемки в графах 1- 5 являются общими для всех вариантов. Высоту п.п. I (станции), с которой выполнена съемка, необходимо выписать из таблицы 1.2.

При работе с теодолитом различают два его рабочих положения: «круг право» (КП) – положение вертикального круга справа от наблюдателя при визировании на точку и «круг лево» (КЛ), когда вертикальный круг расположен слева от наблюдателя.

Таблица 1.5 Журнал тахеометрической съемки

Станция № п.п. I i=1,59 Н _{ст. I} = МО = КП = 2°12'										
Ориентирование на п.п. II КП = -2°10'										
Наименование реечных точек	Высота наведения u в, м	Дальномерное расстояние, Д, м	Отсчеты		Угол наклона v = ВК-МО	Горизонтальное проложение d = D · Cos v, м	h = 0,5D Sin 2v м	i - u, м	h = H + i - u, м	Высоты H _{р.т.} = H _{ст.} + h, м
			Горизонтальн. круг (ГК)	Вертикальн. круг (КЛ)						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дор А	1,59	54,6	27°50'	-1°36'						
Дор А	1,59	92,0	16°00'	-1°05'						
Дор А	1,59	145,0	9°50'	-0°45'						
Дор А	1,59	197,0	6°50'	-0°32'						
1	1,59	67,0	42°30'	-1°49'						
2	1,59	102,0	28°00'	-1°24'						
3	1,59	140,0	19°20'	-1°03'						
4	1,59	183,0	12° 50'	-0°48'						
5	1,59	200,0	25°20'	-1°15'						
6	2,35	156,0	31°10'	-0°40'						
7	1,59	125,0	42°30'	-1°39'						
8	1,59	106,0	57°10'	-1°51'						

Так как съемка выполнена теодолитом 2Т30, то погрешность вертикального круга, называемую «место нуля», (сокращенно - МО) необходимо вычислить по формуле

$$MO = \frac{КЛ + КП}{2} \quad (1.10)$$

Эти отсчеты для всех вариантов одинаковы

КЛ = 2°12' и КП = - 2°10'.

Так как тахеометрическая съемка всегда выполняется при «круге лево», то углы наклона (таблица 1.5 графа 6) вычисляют по формуле:

$$V = КП - МО, \quad (1.11)$$

где КП – отсчет по вертикальному кругу (графа 5).

Высоты (отметки пикетов) вычисляют по формуле (1.12) и заносят в графу 11 таблицы 1.5.

$$H_{р.т.} = H_{ст} + h, \quad (1.12)$$

где H_{ст} – отметка точки, с которой производилась съемка (выбирается из таблицы 1.2);

h - превышение между станцией и реечной точкой, которое вычисляют по формуле тригонометрического нивелирования

$$h = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2V + i - U. \quad (1.13)$$

Здесь D – дальномерное расстояние от станции до реечной точки;

V – вертикальный угол, вычисленный по формуле (1.11);

i – высота инструмента (для всех вариантов $i=1,59$ м);

U – высота наведения – расстояние от пятки рейки (нижнего его основания) до точки, на которую наведена визирная ось зрительной трубы (графа 2, таблица 1.5).

Формула (1.13) реализуется в таблице 1.5. Следует помнить, что знаки превышения h' (графа 8) и знак угла наклона v (графа 6) одинаковы.

Высота визирования u , как правило, соответствует высоте теодолита i . Но если есть препятствие, то наводят на любую точку рейки (пикета). Это учитывается при вычислении ($h = h' + i - u$).

Помимо журнала тахеометрической съемки (табл.1.5) в методических указаниях приводится выписка их тахеометрических журналов (таблица 1.6) для остальных точек (станций) с вычисленными значениями d и h .

В таблице 1.6 нужно в графе 5 самостоятельно записать высоты станций из таблицы 1.2, которые вычислены для высот п.п. I и II своего варианта, и вычислить высоты реечных точек (графа 6) самостоятельно.

Таблица 1.6 Выписка из тахеометрического журнала

№№ точек	Отсчеты по гориз кругу	Горизонтальные проложения d , м	Превышения h , м	Высоты	
				Станций, М	Речных точек, м
1	2	3	4	5	6
Станция 3					
п.п.I	00°00'				
9	10°20'	84,0	+1,86		
10	29°00'	90,0	+1,74		
11	51°20'	103,7	+1,66		
12	74°30'	116,4	+1,65		
13	69°30'	77,8	+1,08		
14	39°20'	53,2	+1,25		
15	105°00'	65,0	-0,56		
16	96°00'	102,0	+0,25		
17	124°30'	111,0	-1,25		
18	133°10'	83,2	-1,42		
19	157°20'	52,6	-1,25		
20	152°30'	112,8	-2,64		
21	138°00'	138,0	-2,70		
Станция 2					
T.3	00°00'				
22	56°00'	44,0	+0,82		
23	54°10'	84,2	+2,15		
24	55°20'	134,0	+3,70		
25	56°50'	176,4	+4,20		
26	73°00'	160,0	+4,05		
27	75°40'	120,0	+3,50		
28	77°00'	77,0	+2,10		
29	94°20'	48,0	+0,95		
30	149°00'	46,0	+0,20		
31	87°00'	108,2	3,10		
Станция 1					
T.2	0°00'				
32	33°00'	82,6	+1,38		

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6
33	5°00'	72,00	+0,10		
34	74°20'	69,0	+2,00		
35	43°30'	41,0	+1,13		
36	359°00'	34,0	-0,12		
37	93°10'	82,0	+3,00		
Ст.п.п. II					
T.1	0° 00'				
38	3° 30'	118,00	-3,60		
39	7° 00'	80,6	-3,15		
40	23° 10'	46,8	-1,40		
41	50° 30'	74,0	-1,70		
42	52°00'	110,0	-2,60		
43	65°20'	145,0	-2,70		
44	78°00'	163,0	-1,70		
45	77°50'	120,0	-1,15		
Дор А	87°50'	125,0	-0,65		
Дор А	78°00'	73,0	-0,55		
Дор А	47°30'	32,0	-0,60		

Построение топографического плана

На контурный план при помощи транспортира и масштабной линейки наносят реечные точки (пикеты). Справа от точки подписывают их высоту, выбранную из графы 11 таблицы 1.5 или графы 6 таблицы 1.6. Студенты, последняя цифра шифра которых четная, используют материал тахеометрической съемки, выполненной со станции п.п. I и 3 (вариант А). Если последняя цифра шифра нечетная, используют результаты съемки со станций 1, 2 и п.п. II (вариант Б).

После нанесения реечных точек на план приступают к изображению рельефа горизонталями. Для этого необходимо выполнить по линиям соединяющими стрелками (рис. 1.6) *интерполирование*, то есть найти точки, высоты которых кратны 1 м (высоте сечения рельефа). Для этого используют графический или аналитический способы, которые детально описаны в литературе [1,2,3]. Полученные при интерполировании точки с одинаковыми высотами соединяют плавными линиями (горизонталями), которые *не проводят* по строительным объектам.

Горизонтали с высотами, кратными пяти метрам (5 м), проводят несколько утолщенными (см. рис. 1.9).

В конечном варианте план должен быть оформлен цветной тушью или гелевыми ручками.

Коричневым цветом оформляют горизонтали и их подписи, а также бергштрихи, показывающие направление ската рельефа...

Зеленым цветом оформляют пересечения координатной сетки и крайние линии вдоль шоссе автомобильной дороги (кюветы).

Черным цветом все остальное.

Внешняя рамка проводится линией толщиной ≈ 1 мм. Расстояние между внешней и внутренней рамками должно быть 10 мм. Все контуры и рельеф, изображаемые на плане вычерчивается в соответствии с «Условными знаками...» [20].

План оформляется на листе формата А-3 в масштабе 1:2000, высота сечения рельефа 1 м.

Пример оформления топографического плана приведен на рисунке 1.9.

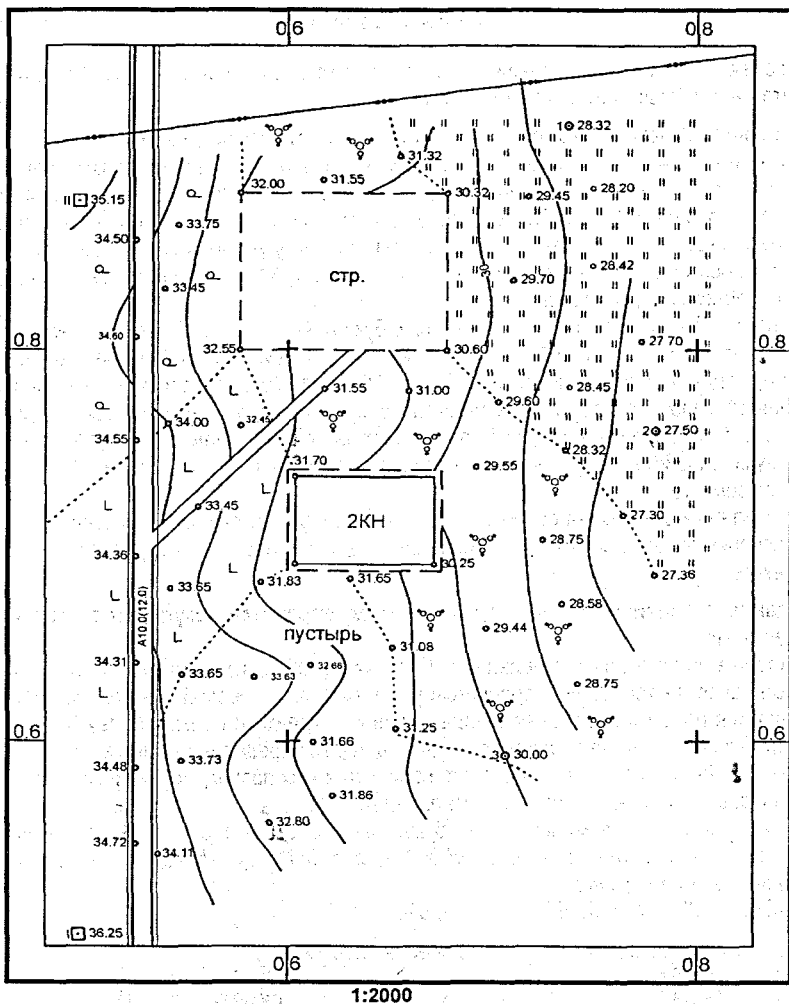


Рис. 1.9. Пример оформления топографического плана

Задание 4. Решение задач по топографическому плану строительной площадки

Задача 1. Найти отметку точки А, взятой между двумя соседними горизонталями.

Точка А намечается самим студентом между любыми двумя горизонталями. Найденную отметку подписывают на плане возле точки.

Задача 2. Определить уклон отрезка ВС, проведенного между соседними горизонталями. Отрезок проводится в любом месте плана так, чтобы его точки В и С лежали на двух соседних горизонталях. Найденное значение уклона записывают вдоль отрезка.

Задача 3. От точки 3 к речной точке 11 (для варианта "А") или от точки 2 к точке 16 (для варианта "Б"), провести ломаную кратчайшую линию так, чтобы ни на одном из ее отрезков уклон не превышал $i=0,02 = 20\%$.

Контрольная работа № 2

Работа состоит из трех заданий, которые оформляются как и работа № 1 на листах формата А-4 и брошюруются в одну тетрадь.

Задание 1. Ответы на вопросы по темам специальной части курса

При выполнении задания необходимо помимо проработки теоретических вопросов раздела 2. Особое внимание уделить вопросам, связанным с трассированием сооружений линейного типа. В этом разделе следует составить ответы на три вопроса из списка вопросов и задач для самостоятельной работы, рекомендуемых в настоящем пособии. Номер вопроса или задачи, как и в контрольной работе № 1, определяется последней цифрой учебного шифра студента.

Студенты, фамилии которых начинаются с букв А, Б, К, отвечают на вопросы и решают задачи по темам 11, 13 и по теме, соответствующей шифру специальности. Например, студенты специальности 70 01 01, 70 02 01, 70 03 01 отвечают на вопросы или решают задачи по теме 14. Студенты, фамилии которых начинаются с букв Л, М, Я, отвечают на вопросы или решают задачи по темам 10, 12 и по теме, соответствующей шифру специальности, например студенты специальностей 70 04 03, 70 05 01 – по теме 15.

Требования к ответам на вопросы изложены в общих методических указаниях. Если для пояснения ответа необходим рисунок, его следует приводить сразу после упоминания в тексте.

Задание 2. Вычислительная и графическая обработка результатов трассирования дороги

Исходные данные для контрольной работы № 2 (Табл.2.1.) – это румб γ линии ПК0-ВУ₁; угол поворота трассы φ_2 и проектный уклон $i_{пр}$. Как и в первой контрольной работе определяется по двум последним цифрам шифра студента и по количеству букв в его фамилии. То есть сначала по двум последним цифрам определяют номер варианта и из таблицы 2.1. выбирают данные для этого варианта и к их последним цифрам прибавляют число, равное количеству букв в фамилии студента.

Пример: Студент Ивановский – 10 букв; шифр 306~~20~~⁴⁷ – вариант ~~20~~⁴⁷. Из таблицы 2.1. для этого варианта находим $\gamma = ЮВ:30^\circ10'$; $\varphi_2 = 53^\circ43'$; $i_{пр} = -5,6\%$, следовательно, исходными данными будут:

$$\gamma = ЮВ:30^\circ20'; \quad \varphi_2 = 53^\circ53'; \quad i_{пр} = -6,6\%.$$

Таблица 2.1 Исходные данные к контрольной работе № 2

Вариант	Румб γ ПК0-ВУ ₁	φ_2	$i_{пр}$, %	Вариант	Румб γ ПК0-ВУ ₁	φ_2	$i_{пр}$, %
00	СЗ: 52°43'	54°56'	-3,6	36	ЮВ: 52°42'	53°21'	-2,3
01	СЗ: 51°00'	54°54'	-3,9	37	ЮВ: 51°00'	53°23'	-2,6
02	СЗ: 48°44'	54°52'	-4,2	38	ЮВ: 48°44'	53°25'	-2,9
03	СЗ: 46°29'	54°50'	-4,5	39	ЮВ: 46°22'	53°27'	-3,2
04	СЗ: 44°38'	54°48'	-4,8	40	ЮВ: 44°38'	53°29'	-3,5
05	СЗ: 42°18'	54°46'	-5,1	41	ЮВ: 42°18'	53°31'	-3,8
06	СЗ: 40°31'	54°44'	-5,4	42	ЮВ: 40°31'	53°33'	-4,1
07	СЗ: 38°45'	54°42'	-5,7	43	ЮВ: 38°44'	53°35'	-4,4
08	СЗ: 36°20'	54°40'	-6,0	44	ЮВ: 36°20'	53°37'	-4,7
09	СЗ: 34°31'	54°38'	-6,3	45	ЮВ: 34°31'	53°39'	-5,0

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	1	2	3	4
10	СЗ: 32°03'	54°36'	-6,6	46	ЮВ: 32°03'	53°41'	-5,3
11	СЗ: 30°10'	54°34'	-6,9	47	ЮВ: 30°10'	53°43'	-5,6
12	СВ: 10°10'	54°32'	-7,2	48	ЮЗ: 10°10'	53°45'	-5,9
13	СВ: 12°03'	54°30'	-7,5	49	ЮЗ: 12°03'	53°47'	-6,2
14	СВ: 14°31'	54°28'	-7,8	50	ЮЗ: 14°31'	53°49'	-6,5
15	СВ: 16°20'	54°26'	-8,1	51	ЮЗ: 16°20'	53°51'	-6,8
16	СВ: 18°45'	54°24'	-8,4	52	ЮЗ: 18°44'	53°53'	-7,1
17	СВ: 20°31'	54°22'	-8,7	53	ЮЗ: 20°31'	53°55'	-7,4
18	СВ: 22°18'	54°20'	-9,0	54	ЮЗ: 22°18'	53°57'	-7,7
19	СВ: 24°38'	54°18'	-9,3	55	ЮЗ: 24°38'	53°59'	-8,0
20	СВ: 26°22'	54°16'	-9,6	56	ЮЗ: 26°22'	54°01'	-8,3
21	СВ: 28°44'	54°14'	-9,9	57	ЮЗ: 28°44'	54°03'	-8,6
22	СВ: 31°00'	54°12'	-10,2	58	ЮЗ: 31°00'	54°05'	-8,9
23	СВ: 32°42'	54°10'	-10,5	59	ЮЗ: 32°42'	54°07'	-9,2
24	СВ: 33°17'	54°08'	-3,4	60	ЮЗ: 33°17'	54°09'	-4,3
25	СВ: 36°43'	54°06'	-3,7	61	ЮЗ: 35°57'	54°11'	-4,4
26	СВ: 37°18'	54°04'	-4,0	62	ЮЗ: 55°29'	54°13'	-4,5
27	СВ: 39°00'	54°02'	-4,3	63	ЮЗ: 53°40'	54°15'	-4,6
28	СВ: 41°16'	54°00'	-4,6	64	ЮЗ: 51°16'	54°17'	-4,7
29	СВ: 43°38'	53°58'	-4,9	65	ЮЗ: 49°29'	54°19'	-4,8
30	СВ: 45°22'	53°56'	-5,2	66	ЮЗ: 47°42'	54°21'	-4,9
31	СВ: 47°42'	53°54'	-5,5	67	ЮЗ: 45°22'	54°23'	-5,0
32	СВ: 49°29'	53°52'	-5,8	68	ЮЗ: 43°38'	54°25'	-5,1
33	СВ: 51°16'	53°50'	-6,1	69	ЮЗ: 41°16'	54°27'	-5,2
34	СВ: 53°40'	53°48'	-6,4	70	ЮЗ: 39°00'	54°29'	-5,3
35	СВ: 55°29'	53°46'	-6,7	71	ЮЗ: 37°12'	54°31'	-5,4
72	СВ: 57°57'	53°44'	-7,0	86	ЮЗ: 36°43'	54°33'	-5,5
73	ЮВ: 77°57'	53°42'	-7,3	87	СЗ: 77°57'	54°35'	-5,6
74	ЮВ: 75°29'	53°40'	-7,6	88	СЗ: 75°30'	54°37'	-5,7
75	ЮВ: 73°40'	53°38'	-7,9	89	СЗ: 73°40'	54°39'	-5,8
76	ЮВ: 71°16'	53°36'	-8,2	90	СЗ: 71°16'	54°41'	-5,9
77	ЮВ: 69°29'	53°34'	-8,5	91	СЗ: 69°29'	54°43'	-6,0
78	ЮВ: 67°42'	53°32'	-8,8	92	СЗ: 67°42'	54°45'	-6,1
79	ЮВ: 65°22'	53°30'	-9,1	93	СЗ: 65°22'	54°47'	-6,2
80	ЮВ: 63°38'	53°28'	-9,4	94	СЗ: 63°38'	54°49'	-6,3
81	ЮВ: 61°16'	53°26'	-9,7	95	СЗ: 61°16'	54°51'	-6,4
82	ЮВ: 59°00'	53°24'	-10,0	96	СЗ: 59°00'	54°53'	-6,5
83	ЮВ: 57°18'	53°22'	-10,3	97	СЗ: 57°18'	54°55'	-6,6
84	ЮВ: 56°43'	53°20'	-10,6	98	СЗ: 56°43'	54°57'	-6,7
85	СЗ: 40°00'	55°06'	-5,0	99	СЗ: 57°43'	54°52'	-3,8

На строительном участке с высотной и плановой привязкой к пунктам полигонометрии I и II выполнено трассирование участка дороги с двумя углами поворота (рис 2.1).

Материалами для трассирования являются пикетажный журнал (рис 2.2) и журнал технического нивелирования (табл. 2.2). Нивелирование выполнено с использованием нивелира Н-3 и реек РН-3.

В пикетажном журнале приведен расчет круговой кривой для вершины угла поворота

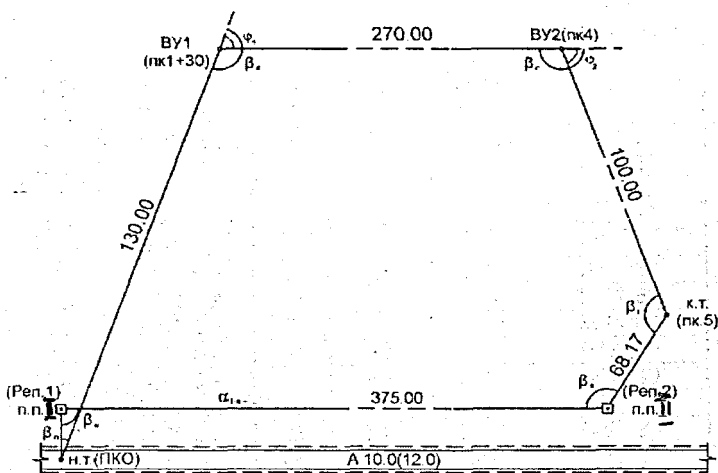


Рис. 2.1. Рабочая схема магистрального хода

(ВУ № 1). Параметры кривой $\phi_{1(\text{правый})} = 55^{\circ}00'$ и радиус закругления $R=50,0$ м. для всех вариантов одинаковы. Для второй вершины угла поворота угол поворота $\phi_{2(\text{правый})}$ выбирают из исходных данных. Расчет второй круговой кривой необходимо выполнить самостоятельно, записывая результаты расчета в пикетажном журнале так же, как и расчет первой кривой. Кроме того, по начальному направлению трассы (румб $\Gamma_{\text{ПК0-ВУ1}}$) необходимо вычислить румб $\text{ВУ}_1 - \text{ВУ}_2$ и румб $\text{ВУ}_2 - \text{К.Т.}$ (конец участка трассы). Концом участка трассы для всех вариантов является пикет 5 (ПК5) (Рис.2.2).

Магистральным ходом вдоль трассы является теодолитный ход, который совпадает с осью трассы. Главными точками магистрального хода являются начало трассы; (ПК0 Рис. 2.1), и вершины углов поворота ВУ_1 и ВУ_2 . Начальная и конечная точки трассы привязываются к пунктам съемочного обоснования с целью вычисления их координат. Требования точности привязки примерно такие же, как для теодолитного хода.

В магистральном ходе измеряют все горизонтальные углы β одним приемом, а расстояния между главными точками в прямом направлении и при разбивке пикетажа. Таким образом, абсолютная погрешность может быть вычислена из разности двух измерений. Относительная линейная невязка по ходу должна быть в пределах $\frac{1}{1000} - \frac{1}{2000}$.

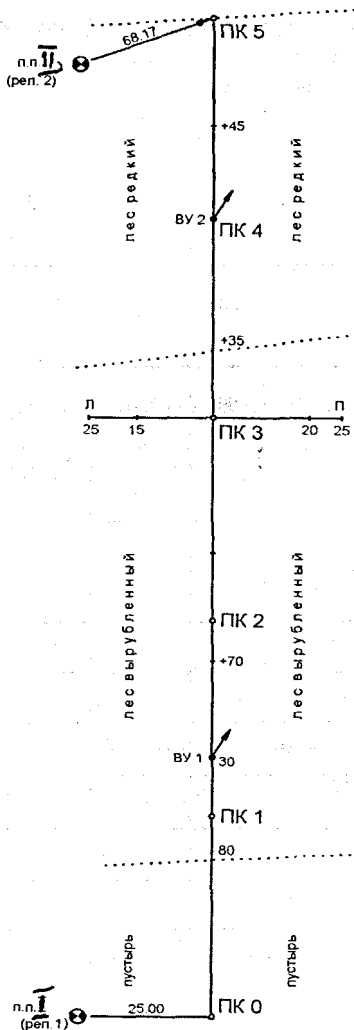
Контрольной работой не предусмотрено вычисление координат точек магистрального хода. Поэтому на рабочей схеме (Рис. 2.1) не приведены значения горизонтальных углов. За исключением пикетажных расстояний вершин углов поворота.

Обработка пикетажного журнала

Сначала определяют дирекционные углы прямолинейных участков. Исходными данными для решения этой задачи являются румб направления ПК0-ВУ_1 и угол поворота трассы ϕ_2 , которые определяются каждым студентом для своего варианта (по таблице 2.1, шифру, и количеству букв в фамилии студента).

Определение направлений прямолинейных участков трассы показано на рисунке 2.3.

Для определения направления прямолинейных участков сначала по исходному румбу своего варианта определяют дирекционный угол первого участка (Таблица 1.4)



Параметры кривой
 $\varphi_{2п} = \dots$; $R_2 = 50,00\text{м}$

Элементы кривой №2
 $T = \dots$ $K = \dots$
 $D = \dots$ $B = \dots$

Расчет кривой №2

$$\text{ВУ 2} = \text{ПК 4} + 00,00$$

$$-T$$

$$\text{НК} = \text{ПК 3} +$$

$$+K$$

$$\text{КК} =$$

$$-0,5 K$$

$$\text{СК} = \text{ПК 3} +$$

$$+0,5D$$

$$\text{ВУ 2} = \text{ПК 4} + 00,00$$

Параметры кривой
 $\varphi_{1п} = 55^{\circ}00'$; $R_1 = 50,00\text{м}$

Элементы кривой №1
 $T = 26,03$; $K = 47,88$;
 $D = 4,18$; $B = 6,37$

Расчет кривой №1

$$\text{ВУ1} = \text{ПК 1} + 30,00$$

$$-T \quad 26,03$$

$$\text{НК} = \text{ПК 1} + 3,97$$

$$+K \quad 47,88$$

$$\text{КК} = \text{ПК 1} + 51,85$$

$$-0,5 K \quad 23,94$$

$$\text{СК} = \text{ПК 1} + 27,91$$

$$+0,5D \quad 2,09$$

$$\text{ВУ1} = \text{ПК 1} + 30,00$$

Рис. 2.2. Пикетажный журнал

и далее находят дирекционные углы всех последующих линий при этом если угол поворота оси трассы правый, то

$$\alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{пред.}} + \varphi_{\text{правый}}, \quad (2.1)$$

если угол поворота оси трассы левый, то

$$\alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{пред.}} - \varphi_{\text{левый}} \quad (2.2)$$

В задании оба угла поворота правые.

В процессе вычислений дирекционных углов может получиться $\alpha > 360^{\circ}$. Тогда его уменьшаем на 360° .

Таблица 2.2 Журнал технического нивелирования трассы автомобильной дороги

№№ станций	№ пикета	Отсчеты по рейкам в мм			П р е в ы ш е н и я в мм			Горизонтинструм. ГИ, м	Отметки Н, м	№ пикета
		Задний	Передн.	Промежуточный	Вычислен ±	Средн ±	испр ±			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
1	(п.п. I) Реп.1	1121 5808				+1 -511	-509		36,250	(п.п. I) Реп.1
	ПК 0		1632 6318			-510			35,741	ПК 0
2	ПК 0	1378 6062				+2 -502	-500		35,741	ПК 0
	ПК 1		1880 6564			-502			35,241	ПК 1
3	ПК 1	1874 6558				+990 +988	+991	37,115	35,241	ПК 1
	ПК 2		0884 5570			+988			36,232	ПК 2
ВУ1				2005					35,110	ВУ1
	+70			2184					34,932	+70
4	ПК 2	0608 5294								ПК 2
	X		2664 7347							X
5	X	0540 5223								X
	ПК 3		2446 7131							ПК 3
	П+20			2026						П+20
	П+25			1608						П+25
	Л+15			0992						Л+15
6	ПК 3	2796 7479								ПК 3
	ПК 4		0936 5619							ПК 4
	+35			1642						+35
7	ПК 4	1926 6610								ПК 4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
	ПК 5		0328 5010							ПК 5
	+45			1926						+45
8	ПК 5	1644 6331								ПК 5
	(п.п. II) Реп.2		2234 6919						35,150	(п.п. II) Реп.2
Суммы (Σ)								H _{р2} -H _{р1} = -1,100		
Контроль		Σ3 - ΣП..... = Σh _{выш} = 2Σh _{сп} ; Σh _{ни} = (H _{р2} - H _{р1}) = -1,100								
Невязки		f _{h пр} = Σ h _{сп} - (H _{р2} - H _{р1}) = f _{h доп} = ±50 √L = ± 35 мм L=0,5 км								

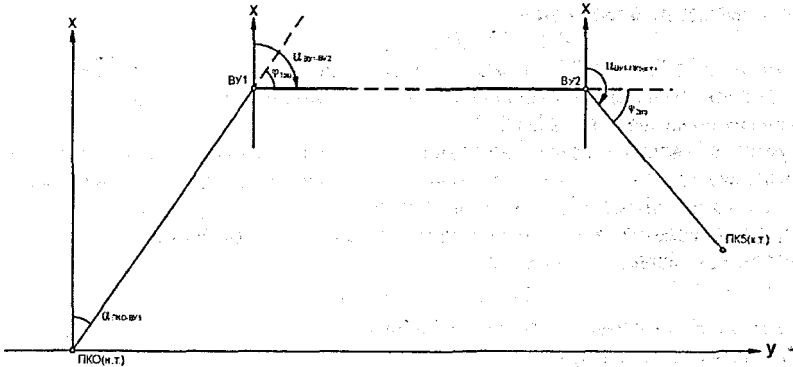


Рис. 2.3. Вычисление румбов прямолинейных участков оси трассы дороги

Румб направления ПКО-ВУ1 выписывается из данных варианта. По исходному румбу определяют дирекционный угол того же направления. Далее по формулам (2.1) и (2.2) определяют дирекционные углы и румбы последующих направлений. При этом удобно пользоваться рисунком 1.4 и таблицей 1.4 контрольной работы № 1.

Пример. $\alpha_{\text{ПКО-ВУ1}} = \text{СЗ } 30^{\circ}10'$; $\alpha_{\text{ПКО-ВУ1}} = 329^{\circ}50'$;
 $\alpha_{\text{ВУ1-ВУ2}} = \alpha_{\text{ПКО-ВУ1}} + \varphi_1 = 329^{\circ}50' + 55^{\circ}00' = 384^{\circ}50' - 360^{\circ} = 24^{\circ}50'$;
 $r_{\text{ВУ1-ВУ2}} = \text{СВ } 24^{\circ}50'$.

Далее по радиусу $R=50$ м (для всех вариантов) и углу поворота трассы φ_2 находят элементы круговой кривой (длины тангенса Т, кривой К, биссектрисы Б и домер Д). Указанные элементы можно вычислить по формулам, округляя их значения до 0,01м:

$$T = R \operatorname{tg} \varphi / 2; K = \pi \cdot R \cdot \varphi / 180^{\circ}; D = 2T - K; B = R \left(\frac{1}{\cos \varphi / 2} - 1 \right) \text{ или выбрать из специальных «Таблиц для разбивки круговых кривых».$$

Элементы круговой кривой записывают в пикетажном журнале рисунок 2.2 справа от трассы против вершины угла поворота. Там же рассчитывают пикетажные значения начала (НК) и конца (КК) кривых. На рисунке 2.2 приведен одинаковый для всех студентов расчет первой кривой.

Пикетажный журнал необходимо вычертить на листе миллиметровой бумаги формата А-4.

Обработка журнала технического нивелирования (табл. 2.2) начинается с выписки из таблицы 1.2 контрольной работы № 1 отметок начального Рп.1 (п.п. II) и конечного репера Рп 2 (п.п. I).

Для первых трех станций в таблице 2.2 вычислены превышения h по формуле:

$$\left. \begin{aligned} h_4 &= Z_4 - П_4 \\ h_3 &= Z_3 - П_3 \end{aligned} \right\}, \quad (2.3)$$

где Z_4 и Z_3 – отсчеты на заднюю рейку по черной и красной сторонам рейки;

$П_4$ и $П_3$ – отсчеты на переднюю рейку по черной и красной сторонам рейки;

Вычисленные превышения записывают в графу 6. Если $|h_4 - h_3| \leq 5$ мм, находят среднее превышение, округляя его до целых миллиметров, и записывают в графу 7.

При вычислении средних превышений их следует округлять до целых миллиметров. Округления выполняют до четной цифры.

Например, $h_{\text{ср}} = -1243,5$ следует записать $h_{\text{ср}} = 1244$. Если $h_{\text{ср}} = 846,5$ то $h_{\text{ср}} = 846$ и т. д. После вычисления превышений (графы 6,7) выполняют обязательный контроль, ко-

торый называют *постраничный*.

$$\Sigma 3 - \Sigma П = \Sigma h_{\text{выч.}} = 2\Sigma h_{\text{ср.}} \quad (2.4)$$

Расхождение $\Sigma h_{\text{выч.}}$ и $2\Sigma h_{\text{ср.}}$ может отличаться на 1-3 мм за счет округления при выводе средних превышений. Выполнение данного контроля подтверждает правильность вычислений превышений (графы 6,7).

Суммарные величины записывают внизу под утолщенной чертой в строке суммы (Σ).

Выполнив контроль (на каждой странице и общий на последней странице журнала технического нивелирования), вычисляют практическую невязку хода. Так как ход разомкнутый (опирается на два репера с известными отметками H_{Pn1} и H_{Pn2}), то полученную невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср.}} - (H_{Pn2} - H_{Pn1}), \quad (2.5)$$

где H_{Pn2} и H_{Pn1} – отметки реперов $Pn.2$ и $Pn.1$;
и допустимую по формуле

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{L}, \text{ мм.} \quad (2.6)$$

где L – длина хода в километрах ($L=0,5$ км).

Если $|f_h| \leq |f_{\text{доп}}|$, полученную невязку f_h распределяют поровну во все средние превышения с обратным знаком, округляя поправки до целых миллиметров.

Контроль: сумма поправок должна быть равна $-f_h$.

Исправленные превышения h_n вычисляют по формуле:

$$h_n = h_{\text{ср.}} + u_n, \quad (2.7)$$

где $u_n = \frac{-f_h}{n}$ поправка в превышение;

n – число средних превышений.

Контроль: $\Sigma h_n = \Sigma h_i = (H_{Pn2} - H_{Pn1})$. (2.8)

Вычисление отметок связующих точек выполняют последовательным алгебраическим сложением отметки предыдущей точки и исправленного превышения.

Например, отметка пикета 0 равна отметке Репера 1 плюс исправленное превышение между $Pn1$ и ПК0.

$$H_{\text{ПК0}} = H_{Pn1} + h_n = 36,250 + (-0,509) = 35,741;$$

$$H_{\text{ПК1}} = H_{\text{ПК0}} + h_n = 35,741 + (-0,500) = 35,240 \text{ и т. д.}$$

Вычисленные отметки записывают в графу 10 таблицы 2.2.

При этом превышения преобразуем из миллиметров в метры. Контролем правильности вычисления отметок связующих точек является равенство отметок высот H_{Pn2} вычисленной и H_{Pn2} исходной.

Завершающим этапом обработки журнала технического нивелирования является вычисление высот промежуточных точек, которые находятся как на оси трассы, так и на поперечниках (рис. 2.2).

Для этого вначале вычисляют отметку – горизонта инструмента – ГИ (рис. 2.4).

Горизонт инструмента на станции вычисляют для контроля дважды.

1) $ГИ_1 = H_{\text{ПК1}} + Зч. = 35,241 + 1,874 = 37,115;$

2) $ГИ_2 = H_{\text{ПК2}} + Пч. = 36,232 + 0,884 = 37,116.$

Контроль: $|ГИ_1 - ГИ_2| = |37,115 - 37,116| = 1 \text{ мм} < 5 \text{ мм};$

$$H_{\text{70}} = ГИ_2 - С = 37,116 - 2,184 = 34,932;$$

C – отсчет по черной стороне на точке +70.

Следовательно, горизонт инструмента на любой станции равен отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке (рис. 2.4).

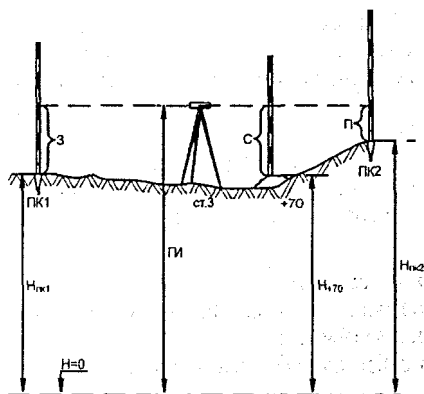


Рис. 2.4. Горизонт инструмента

Горизонт инструмента (ГИ) вычисляют только для тех станций, на которых имеются промежуточные точки.

Отсчеты по черной стороне рейки на промежуточных точках записаны в графе 5 таблицы 2.2.

Журнал технического нивелирования (табл. 2.2) и пикетажный журнал (рис. 2.2) служат исходным материалом для построения фактического продольного и поперечного профилей.

Порядок построения продольного и поперечного профилей

1. Вычерчивание сетки продольного профиля на листе миллиметровой бумаги форматом А3 в соответствии с рисунком 2.5, на котором указаны масштабы продольного и поперечного профилей, а также наименование горизонтальных граф и их номера – в направлении снизу вверх. Размер граф приведен на рис. 2.5 в правой его части. Все построения вначале выполняют карандашом.

2. Графы 1 (2 см) и 6 (3 см) заполняют в соответствии с пикетажным журналом и расчетом пикетажных расстояний главных точек (начало кривой – НК и конец кривой – КК). В графе 1 по центру наносят прямолинейные участки трассы и закругления.

Над прямолинейными участками подписывают значения румбов, а под – их горизонтальные расстояния.

В местах закруглений выписывают параметры кривой (ϕ и R) и элементы кривой (T , K , D , B). Закругления ограничивают точки НК и КК, которые наносят по их пикетажным значениям (рис.2.2) в масштабе 1:2000. Между точками НК и КК рисуют скобки, обращенные при поворотах трассы вправо – выпуклостью вверх, а при поворотах влево – выпуклостью вниз. Скобки делают высотой (глубиной) 5 мм.

От точек НК и КК проводят перпендикуляры до нижней линии графы 2, справа и слева от которых подписывают расстояния в метрах до ближайших пикетов (рис. 2.5).

В графе 1 подписывают номера пикетов с учетом продольного масштаба 1:2000, т.е. через 5 см.

Посередине графы 6 проводят прямую линию (развернутую ось трассы), на которой точками со стрелками отмечают вершины углов поворота трассы, границы между угодьями с различными растительными покровами. Содержание угодий обозначают не условными знаками, а подписывают словами «пустырь», «луг», «лес», и т.д.

В графе 2 обозначают стометровые интервалы вертикальными линиями на высоту графы, а также подписывают расстояния между плюсовыми точками, зафиксировав их также вертикальными линиями на высоту графы 2.

В графу 3 сетки профиля выписывают из таблицы 2.1 (журнал технического нивелирования) отметки соответствующих пикетов и промежуточных точек, округляя их до сотых долей метра.

Верхняя линия профильной сетки называется линией условного горизонта (УГ). Факти-

ческий продольный профиль должен быть выше УГ примерно на 4-6 см. Поэтому отметка условного горизонта $H_{у.г.}$ должна быть меньше самой малой отметки графы 3 на 8 -12 м.

Построение продольного фактического профиля сводится к откладыванию от линии условного горизонта по вертикали напротив пикетов и плюсовых точек отрезков, равных разности $H_{пк}-H_{у.г.}$ в вертикальном масштабе 1:200.

Соединив полученные точки, получают ломаную линию между ПК0 и ПК5, то есть фактический продольный профиль трассы. Аналогично строят поперечный профиль на пикете 3. Здесь расстояния откладывают вправо и влево от пикета 3 в масштабе 1:1000 (Рис 2.5). Вертикальный масштаб 1:100.

Задание 3. Составление проекта профиля трассы дороги

Составление проекта продольного и поперечного профилей трассы включает две части: графическое и аналитическое проектирование (Рис. 2.5.).

Фактический профиль трассы представляет собой ломаную линию с различными уклонами.

Вместо фактической (черной) линии проводят проектную (красную) линию, соблюдая следующие два условия.

1. Объем земляных работ должен быть минимальным;

2. Уклоны проектных линий не должны превышать допустимого ($i_{пр}$) для данной категории трассы.

Студенты проводят проектную (красную) линию с одной точкой перелома. При этом проектная отметка нулевого пикета для всех вариантов одинакова и равна фактической отметке ($H_{пк0пр} = H_{пк0факт}$).

Точкой перелома является пикет 1 (ПК1) для групп ПГС (70 02 01), ПК2 для групп ВВиОР (70 04 03) и ПК3 для групп АД (70 03 01).

Проектные уклоны $i_{пр}$ для каждого варианта определяются, как указано в начале контрольной работы №2.

Проектная отметка на ПК1 (точка перелома), для $i_{пр} = -8\%$ вычислена по формуле

$$H_{пк1пр} = H_{пк0пр} + (-0,008) \cdot d = 35,74 - 0,80 = 34,94 \text{ м}, \quad (3.1.)$$

где d – горизонтальное расстояние от ПК 0 до точки перелома ($d=100$ м).

Проектную линию профиля от точки перелома до конца трассы (ПК 5) каждый студент проводит самостоятельно, соблюдая основные требования графического проектирования: минимальный объем земляных работ (баланс земляных работ).

После проведения линии проектного уклона до пикета 5 выполняют аналитическое проектирование, предварительно записав в графу 4 (1,5 см) проектные отметки начала трассы ($H_{пк0пр}$), точки перелома и конца трассы ($H_{пк5пр}$). Отметку $H_{пр}$ точки перелома проектной линии каждый студент вычисляет самостоятельно и записывает в графу 4 (проектные отметки) напротив соответствующей точки.

Проектную отметку конца трассы (ПК 5) определяют графически по профилю с учетом вертикального масштаба с точностью 0,1м (0,5 мм). Далее вычисляют проектный уклон $i_{пр}\%$, например, для рис. 2.5.

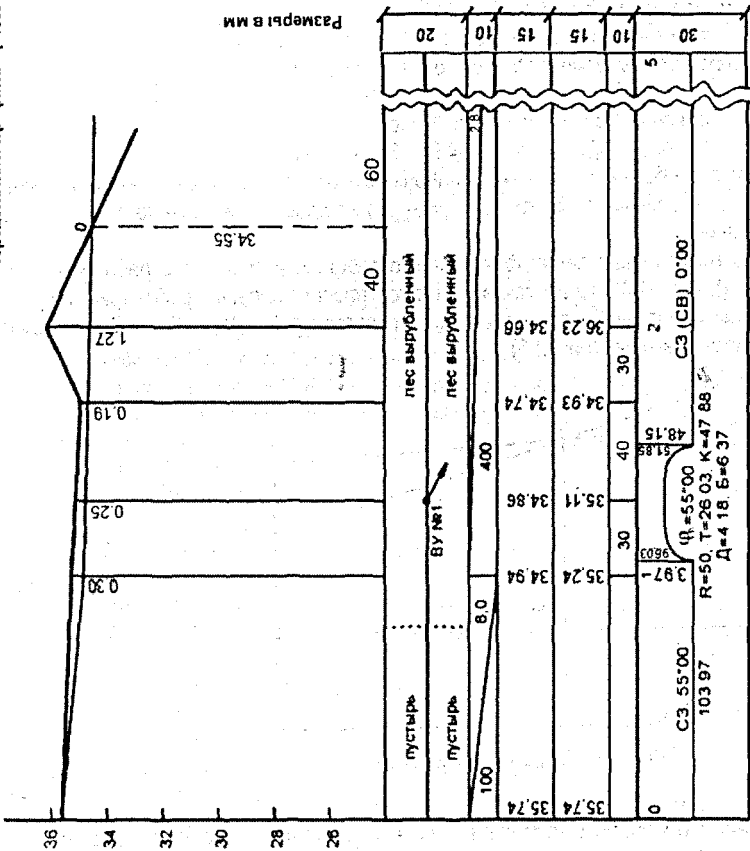
$$i_{пр} = \frac{H_{5пр} - H_{1пр}}{d_{пк1-пк5}} = \frac{33,80 - 34,94}{400} = \frac{-1,14}{400} = -0,0028 = -2,8\% \quad (3.2.)$$

$i_{пр} = -2,8\%$ – означает, что на 1000 м горизонтального расстояния превышение $h = -2,8$ м. На 100 м $h = -0,28$ м. Тогда проектные отметки пикетов будут соответственно равны.

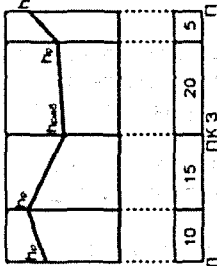
$$H_{пк2пр} = H_{пк1пр} + (-0,28) = 34,94 - 0,28 = 34,66;$$

$$H_{пк3} = 34,66 + (-0,28) = 34,58 \text{ и т. д.}$$

Продольный профиль трассы



Поперечный профиль на ПК 3



Масштабы
1:1000
1:100

Условный горизонт 24

6	Развернутый план трассы
5	Уклоны, %
4	Отметки, м
3	Отметки земли вдоль оси трассы, м
2	Расстояния, м
1	Линейные элементы: прямые кривые

Масштабы: горизонтальный 1:2000
вертикальный 1:200

Выполнил студент
Ивановский А.В.
шифр 30629

Рис. 2.5. Продольный и поперечный профили трассы дороги

Отметки промежуточных точек вычисляют с учетом расстояний до плюсовой точки от предыдущего пикета, проектная отметка которого уже известна.

Например, отметка точки ПК 1 + 70

$$H_{\text{ПК } 1+70}^{\text{пр}} = H_{\text{ПК } 1}^{\text{пр}} + (-0,0028) \cdot 70 = 34,94 + (-0,20) = 34,74.$$

Вычисление рабочих отметок $h_{\text{раб}}$ выполняют по формуле

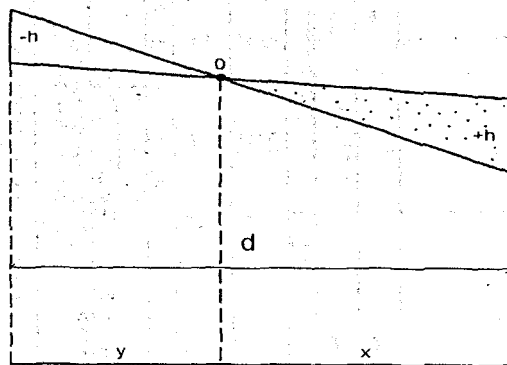
$$h_{\text{раб ПК } 1} = H_{\text{пр. ПК } 1} - H_{\text{ПК } 1}. \quad (3.3)$$

Например, рабочая отметка на пикете 1 равна

$$h_{\text{раб ПК } 1} = H_{\text{пр. ПК } 1} - H_{\text{ПК } 1} = 34,94 - 35,24 = -0,30.$$

Знак минус (-) обозначает выемку, а рабочая отметка подписывается ниже проектной линии. Если знак рабочей отметки плюс (+) – это насыпь. Такая отметка пишется выше проектной линии.

В местах пересечения линий фактического профиля и проектного рабочие отметки равны нулю ($h_{\text{раб}} = 0,00$). Такие точки называют точками нулевых работ (рис. 2.6). Для точек нулевых работ необходимо вычислять расстояния X и Y до ближайших пикетов или промежуточных точек (рис: 2.5).



$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{|+h| \cdot d}{|+h| + |-h|} \\ y &= \frac{|-h| \cdot d}{|-h| + |+h|} \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

Рис. 2.6. Точка нулевых работ

Контроль $x+y=d$.

Расстояния X и Y подписывают справа и слева над линией условного горизонта.

Отметки точек нулевых работ вычисляют так же, как плюсовых точек, используя вычисленные расстояния и проектный уклон линии профиля.

Оформление профилей

Все надписи и построения выполняют аккуратно цветной тушью или гелевыми ручками.

Черным цветом вычерчивают сетку профиля, фактический профиль, подписи фактических отметок (графа 3), условные обозначения на плане трассы (графа 6), номера пикетов в графе 1 и расстояния в графе 2.

Красным цветом оформляют проектную линию, подписывают рабочие отметки (кроме нулевых), ось дороги в графе 6, все линии и цифры в графах 5 и 4, все линии и надписи в графе 1 (кроме номеров пикетов).

Синим цветом показывают перпендикуляры из точек нулевых работ на линию условного горизонта, рабочие отметки 0.00 и их высоты, горизонтальные расстояния X и Y. **Насыпи** окрашивают красным цветом, а **выемки** желтым.

Список литературы

Основная

1. Инженерная геодезия. / Г.В. Багратуни, В.Н. Ганьшин, Б.Б. Данилевич и др. – М.: 1984.
2. Нестеренок М.С. Инженерная геодезия. – Мн.: Высшая школа, 1986.
3. Хейфец Б.С., Данилевич Б.Б. Практикум по инженерной геодезии. – М., 1979.

Дополнительная

1. Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства. СН 212-73. – М.: 1974
2. Коськов Б.И. Справочник-пособие по съемке городов. – М.: 1986.
3. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. – М.: 1981.
4. Нестеренок М.С. и др. Геодезия. – Мн.: Университетское, 2001.
5. Федоров Б.И., Шилов П.И. Инженерная геодезия. – М.: Недра, 1992.
6. Руководство по аэрофототопографической съемке в масштабах 1:1000 1:500 застроенных территорий и промышленных объектов при инженерных изысканиях для строительства. – М.: 1977.
7. Руководство по геодезическим работам в сельскохозяйственном строительстве. – М.: 1980.
10. Руководство по геодезическим работам при устройстве подземных коммуникаций. – М.: 1983.
11. Руководство по инженерным изысканиям для строительства, – М.: 1982.
12. Сироткин М.П., Сытник В.С. Справочник по геодезии для строителей. – М.: Недра, 1987.
13. Система допусков в строительстве. – М.: 1981.
14. Справочник строителя. Геодезические работы в строительстве. – М.: 1984.
15. Справочник строителя Справочник работника геолого-геодезической службы местных органов по делам строительства и архитектуры. – М.: 1982.
16. Справочник по геодезическим разбивочным работам. – М.: 1982.
17. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам. /Под ред. В.Д. Большакова и Г.П. Левчука. – М.: 1980.
18. Строительные нормы и правила: СНиП 1-2-80; II-9-78; 3.01.03-84.
19. Сытник В.С., Ключин А.Б., Борисенко Б.Г. Геодезическое обеспечение строительно-монтажных работ. – М.: 1982
20. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000 1:2000 1:1000 1:500. – М.: 1989.

Учебное издание

Составители: Жукова Вера Павловна
Зеленский Алексей Михайлович
Синякина Наталья Васильевна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для студентов строительных специальностей
заочной формы обучения

Ответственный за выпуск: Жукова В.П.

Редактор: Строкач Т.В.

Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 13.06. 2007. Формат 60x84 1/16. Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 2,56.
Уч. изд. 2,75. Тираж 100 экз. Заказ № 568. Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный технический университет».
224017, Брест, ул. Московская, 267.