

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
"БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
КАФЕДРА ГЕОТЕХНИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

по курсу инженерная геодезия

для студентов специальностей

1-70 03 01 – "Автомобильные дороги" и

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»
заочной формы обучения

Брест 2012

УДК 528.4(075.8)

Инженерная геодезия: Методические указания и контрольные задания для студентов специальностей 1-70 03 01 и 1-70 04 03 заочной формы обучения, разработаны на основе типовой программы по дисциплине «Инженерная геодезия».

Издание 4-е исправленное и дополненное.

Составители: Кандыбо С.Н., доцент, к.т.н.,
Синякина Н.В., доцент, к.т.н.

Рецензент: Зуева Л.Ф., к.т.н., доцент кафедры геотехники и транспортных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет»

Содержание

Введение.....	3
1. Теоретические вопросы курса «Инженерная геодезия».....	4
Раздел 1. Введение. Сведения о фигуре Земли. Системы координат и высот, применяемые в геодезии. Ориентирование линий.....	4
Раздел 2. Геодезическое обеспечение изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий сооружений.....	8
Раздел 3. Геодезические работы при проектировании и строительстве систем водоснабжения и канализации и автомобильных дорог.....	10
2. Контрольные работы по дисциплине.....	12
Контрольная работа № 1.....	12
Контрольная работа № 2.....	22
3. Лабораторный практикум.....	37
Лабораторная работа №1. Поверки и юстировки нивелира Н-3.....	37
Лабораторная работа №2. Поверки и юстировка теодолита 2Т30. Угловые измерения.....	39
Лабораторная работа №3. Подготовка геодезических данных для выноса на местность оси проектного сооружения графоаналитическим способом.....	43
4. Требование к оформлению контрольных работ.....	47
Список литературы.....	47

ВВЕДЕНИЕ

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, а также с помощью устных и письменных консультаций.

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

Контрольные работы включают ответы на теоретические вопросы курса и расчетно-графические задания. Теоретическая часть курса разбита на три раздела.

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 представляет собой необходимый комплекс знаний, определений и понятий, на базе которых изучаются темы последующих разделов программы.

Раздел 2 включает общие вопросы геодезического обеспечения изысканий проектирования и строительства сооружений: геодезические работы при инженерных изысканиях и геодезические разбивочные работы.

Раздел 3 содержит вопросы геодезического обеспечения проектирования и строительства систем водоснабжения и канализации и автомобильных дорог (изучение этих тем предусматривается в соответствии со специальностью и наиболее эффективно в комплексе со специальными дисциплинами).

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ КУРСА «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»

РАЗДЕЛ 1. Введение. Сведения о фигуре Земли.

Системы координат и высот, применяемые в геодезии. Ориентирование линий

Предмет, задачи и содержание инженерной геодезии. 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.

Основные понятия и сведения о форме и размерах Земли. Понятие о геоиде, земном эллипсоиде, референц-эллипсоиде. Референц-эллипсоид Ф.Н. Красовского. Общеземной эллипсоид WGS-84, ПЗ-90. Понятия о методах определения формы и размеров Земли: триангуляция, гравиметрический и спутниковый. Зональная система плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера. Системы координат 1942 г., 1995 г. (СК-42, СК-95). Местная система прямоугольных координат. Определение высот в заданной системе отсчета. Балтийская система высот. Влияние кривизны Земли при определении горизонтальных и вертикальных расстояний.

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.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 1

1. Что принимают за уровенную поверхность Земли? (пояснить ответ рисунком).
 2. Что такое референц-эллипсоид? Принятые параметры референц-эллипсоида Ф.Н. Красовского.
 3. Как определяют размеры участка земной поверхности, принимаемого за плоскость, если влиянием кривизны Земли пренебрегают?
 4. Государственная система высот, принятая в Республике Беларусь? Определение отметок в этой системе высот (пояснить рисунком). Назначение строительной системы высот (за начала высот принимают «уровень чистого пола»).
 5. Зональная система плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера. Что такое истинные и условные (преобразованные) ординаты в данной системе координат?
 6. Область применения Местной системы прямоугольных координат? Строительная система координат (на примере строительной сетки).
 7. Что значит ориентировать линию? Что называют азимутом и румбом? (пояснить рисунком).
 8. Что называют географическим (истинным азимутом), магнитным азимутом и дирекционным углом? Связь между ними (пояснить ответ рисунком).
 9. Зависимость между прямым и обратным истинным азимутом данной линии и прямым и обратным дирекционными углами данной линии. Зависимость между дирекционными углами и румбами (пояснить ответ рисунком)
 10. Как измерить на карте и вычислить ориентирные углы?
- Литература: [1, §1.1-1.5]; [2, § 1.1-1.4]; [3, § 1.1-2.1].

2. 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 горизонталей 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, площадей участков, высот точек и крутизны ската; построение профиля линии местности по заданному направлению, линии заданного уклона и границ водосборной площади.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 2

1. Что такое топографический план и топографическая карта? Укажите масштабы топографических планов и карт.
2. Что называется масштабом карты (плана)? Численный, именованный, линейный и поперечный масштабы. Что называют предельной точностью масштаба?
3. Основные формы рельефа. Показать на рисунке основные формы рельефа горизонталями и характерными линиями и точками.
4. Что называют высотой сечения рельефа и заложением горизонталей? Как определить отметку точки, лежащей между горизонталями?
5. Характеристики крутизны ската на топографических картах (пояснить рисунком).
6. Что такое уклон, и по каким формулам он вычисляется? Как его выразить в процентах и в промилле?
7. Как построить график заложений для уклонов и углов наклона? Как провести на плане (карте) линию заданного уклона?
8. Как построить профиль линии местности по заданному направлению на карте?
9. Какие способы применяют для определения площадей на планах и картах. Абсолютная и относительная погрешность определения площади.
10. Что называют водосборной площадью и как на топографическом плане (карте) определяют ее границу?

Литература: [1, §II.1-II.4]; [2, § 2.1-2.4]; [3, § 3.1-4.3].

3. Угловые измерения

Принципы измерения горизонтального угла и угла наклона. Принципиальная схема оптико-механического теодолита, его основные части. Зрительная труба, её устройство и установка для наблюдений. Уровни их назначение и устройство, точность уровня. Угломерные круги, цена деления лимба. Отсчетные устройства: микроскопы штриховой и шкаловой. Теодолиты и их классификация. Технические теодолиты, их устройство и поверки. Способы измерения горизонтальных углов: способ приемов, круговых приемов, способ «от нуля». Измерение углов наклона. Измерение магнитных азимутов буссолью. Электронные теодолиты и тахеометры, классификация, область применения.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 3

1. Как классифицируются теодолиты по точности? Перечислите и покажите на рисунке основные части оптико-механического теодолита.
2. Перечислите и дайте определение основных осей теодолита. Каким геометрическим условиям они должны удовлетворять?

3. Покажите на рисунках поле зрения штрихового и шкалового микроскопа теодолитов Т30 и 2Т30? Как снять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругу?

4. Что такое коллимационная погрешность? Как ее определить?

5. Что называется местом нуля (МО) вертикального круга? Как его определить? Что такое угол наклона?

6. В чем заключается порядок установки теодолита в рабочее положение? Какие погрешности оказывают влияние на результаты измерения углов?

7. Способы измерения горизонтальных углов (способ приемов и круговых приемов).

8. Порядок измерения горизонтального угла способом приемов (приведите пример журнала измерения угла).

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

10. Изложите последовательность работы при измерении угла наклона техническим теодолитом полным приемом

Литература: [1, §IV.1-IV.7]; [2, § 4.1-4.5]; [3, § 8.1-8.5].

4. Линейные измерения

Приборы для измерения длин линий местности. Измерение длин линий землемерной лентой и рулеткой. Вешение линий. Определение горизонтальных проложений длин линий. Точность измерения линий мерными лентами. Измерение линий оптическими дальномерами. Нитяной дальномер. Измерение длин линий светодальномерами и лазерными рулетками. Определение неприступных расстояний.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 4

1. Какие приборы применяют для измерения длин линий? Непосредственные и косвенные методы измерений расстояний.

2. Изложите последовательность измерения длины линии землемерной лентой и стальной мерной рулеткой?

3. Какие поправки вводят в длину линии, измеренную землемерной лентой и рулеткой? Приведите формулы и дайте им объяснение.

4. Как вычисляют горизонтальное проложение линий местности при измерении длины линии землемерной лентой и рулеткой?

5. Принцип измерения расстояний нитяным дальномером. Как определяют поправку за наклон линии, измеренной нитяным дальномером? Точность определения расстояний по нитяному дальномеру.

6. Какой принцип измерения расстояний используется в светодальномерам и электронных тахеометрах? В чем заключается безотражательный режим измерения расстояний?

7. Область применения лазерных рулеток, их характеристики, диапазон и точность определения расстояний.

8. Относительная и абсолютная точность линейных измерений при измерении длин линий землемерной лентой и лазерной рулеткой.

9. Как вычислить среднюю квадратическую погрешность и предельную среднюю квадратическую погрешность по результатам многократных равноточных линейных измерений?

10. Как определяют неприступное расстояние? Приведите схемы и формулы определения неприступного расстояния.

Литература: [1, §V.1-V.5]; [2, § 5.1-5.3]; [3, § 6.1-6.2].

5. Измерение превышений (нивелирование)

Нивелирование, принцип определения превышений, виды и классификация. Оптические нивелиры, устройство и поверки, нивелирные рейки. Цифровые и лазерные нивелиры. Геометрическое нивелирование, полевые работы при выполнении нивелирования по методике IV класса и техническим нивелированием. Камеральная обработка результатов нивелирования. Тригонометрическое нивелирование, основные формулы и методика тригонометрического нивелирования. Вычислительные работы при тригонометрическом нивелировании. Барометрическое и гидростатическое нивелирование, область применения.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 5

1. Как классифицируют нивелиры по точности, по конструкции и по назначению?
2. Покажите на рисунке оси нивелира. Каким геометрическим условиям должно соответствовать взаимное расположение осей нивелира?
3. Поверки и юстировки нивелиров (с цилиндрическим уровнем и компенсатором).
4. Как измеряют и вычисляют превышения и отметки связующих точек при геометрическом нивелировании "из середины"?
5. Сущность геометрического нивелирования «вперед»? Что называется горизонтом инструмента (нивелира)? Как вычисляют отметки промежуточных точек в нивелирном ходе?
6. Последовательность работы на станции при техническом нивелировании? Точность измерения превышений на станции.
7. Как вычисляется невязка в замкнутом и разомкнутом нивелирных ходах? Какие формулы используются при вычислении допустимой невязки хода технического нивелирования?
8. Как определяют превышение в тригонометрическом нивелировании? (пояснить рисунком).
9. Сущность цифрового нивелирования? В чем состоит преимущество данного метода?
10. Физическая сущность и область применения барометрического и гидростатического нивелирования.

Литература: [1, §VI.1-VI.4]; [2, § 6.1-6.5]; [3, § 7.1-7.4].

6. Геодезические сети

Методы построения плановых геодезических сетей: триангуляция, трилатерация, полигонометрия. Государственная геодезическая сеть. Сети сгущения и съёмочного обоснования. Государственная нивелирная сеть, методы создания. Модернизация государственной геодезической сети Республики Беларусь спутниковыми методами. Геодезические знаки и центры. Методы создания сетей планового съёмочного обоснования: теодолитные хода, микротриангуляция, линейно-угловые сети, геодезические засечки. Прямая и обратная геодезические задачи. Камеральная обработка теодолитного хода. Геодезические засечки: прямые, обратные, комбинированные. Высотное съёмочное обоснование, методы создания, камеральная обработка нивелирных ходов.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 6

1. Основные принципы построения и развития государственных геодезических сетей. Сущность метода триангуляции, трилатерации и полигонометрии.
2. Государственная нивелирная сеть, методы создания, классификация.

3. Методы создания плановых сетей съёмочного обоснования (теодолитные хода, микротриангуляция, геодезические засечки).

4. Понятие об инженерно-геодезических опорных сетях. Их назначение, методы и особенности построения.

5. Как измеряют углы и длины сторон при проложении теодолитного хода при создании планового съёмочного обоснования?

6. Прямая геодезическая задача и обратная геодезическая задача. При выполнении каких работ они находят применение?

7. Камеральная обработка замкнутого теодолитного хода (уравнивание углов, приращений координат, вычисление координат).

8. Камеральная обработка разомкнутого теодолитного хода (уравнивание углов, приращений координат). Вычисление координат разомкнутого теодолитного хода.

9. Камеральная обработка нивелирных ходов. Постраничный контроль, вычисление отметок.

10. Определение координат отдельных пунктов геодезическими засечками (прямая угловая и линейная засечка, обратная угловая засечка).

Литература: [1, §VII.1-VII.5]; [2, § 7.1-7.2]; [3, § 10.1-10.4; § 13.1-13.8].

РАЗДЕЛ 2. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗЫСКАНИЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

7. Топографические съёмки

Топографические съёмки. Виды топографических съёмок. Общая характеристика полевых и камеральных работ при различных методах съёмки. Выбор масштаба съёмки и высоты сечения рельефа.

Теодолитная съёмка и её сущность. Способы съёмки ситуации. Составление контурного плана участка местности. Тахеометрическая съёмка, её сущность, применяемые инструменты. Производство съёмки ситуации и рельефа местности. Камеральная обработка полевых материалов съёмки. Составление топографического плана. Производство тахеометрической съёмки с применением электронных тахеометров. Цифровая модель местности: цифровая модель ситуации и рельефа. Программные продукты, используемые при обработке результатов съёмки и создании цифровой модели местности.

Нивелирование поверхности. Полевые работы: разбивка местности на квадраты и нивелирование связующих и промежуточных точек. Составление топографического плана участка местности по результатам полевых измерений. Фотограмметрические методы съёмок.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 7

1. Выбор масштаба съёмки и высоты сечения рельефа при инженерных изысканиях (согласно нормативным документам).

2. Топографические съёмки местности. Сущность и область применения тахеометрической съёмки, нивелирование поверхности по квадратам и аэрофототопографической съёмки.

3. Какие способы применяют для съёмки контуров (ситуации) при производстве теодолитной съёмки?

4. Порядок работы на станции тахеометрической съёмки. Полевые измерения

5. Что называется абрисом съемки? Чем отличается абрис тахеометрической съемки от абриса теодолитной съемки? Привести рисунки.

6. Как вычисляют превышения реечных точек при выполнении тахеометрической съемки? Привести формулы и рисунок.

7. Камеральная обработка журнала тахеометрической съемки (привести пример вычисления отметки реечной точки).

8. Как выполняют разбивку участка на квадраты, нивелирование и вычисление отметок вершин квадратов при нивелировании поверхности по квадратам?

9. В чём особенности создания съемочного обоснования и выполнения тахеометрических съемок при использовании электронных тахеометров?

10. Что такое цифровая модель местности? Как составляют цифровую модель местности по результатам топографической съемки?

Литература: [1, §VIII.1-VIII.5, §IX.1-IX.3, §X.1-X.3]; [2, § 7.3-7.9]; [3, § 11.1-11.5].

8. Геодезические работы при инженерных изысканиях

Задачи и состав инженерно-геодезических изысканий для строительства площадных и линейных сооружений. Нормативные документы.

Инженерно-геодезические работы при изысканиях сооружений линейного типа. Камеральное трассирование сооружений линейного типа. Полевое трассирование. Инженерно-геодезическое обеспечение других видов изысканий. Понятие о вертикальной планировке территории. Геодезические расчеты при проектировании горизонтальных и наклонных площадок. Картограмма земляных работ.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 8

1. Состав геодезических работ, выполняемых при изысканиях сооружений линейного типа (согласно нормативным документам).

2. Камеральное трассирование сооружений линейного типа (состав и порядок выполнения работ).

3. Полевые работы при проложении трассы (закрепление и измерение углов поворота трассы, разбивка пикетажа, разбивка поперечников и др.).

4. Элементы круговой кривой (привести рисунок и формулы для вычисления). Как рассчитать пикетажные значения главных точек круговой кривой?

5. Как вынести на местность и закрепить главные точки круговой кривой (порядок работы)?

6. Как вынести пикет на кривую? Приведите формулы и опишите методику полевых работ для способа прямоугольных координат.

7. Как выполняют нивелирование трассы? Как вычисляют отметки пикетов, промежуточных точек, поперечников?

8. Как рассчитать длины и румбы прямых вставок трассы на профиле? Привести рисунок.

9. Что называют точкой нулевых работ? Как определить расстояние до точки нулевых работ и ее отметку?

10. Какие геодезические расчеты выполняют при проектировании горизонтальной площадки по результатам нивелирования поверхности по квадратам (при условии соблюдения баланса земляных работ)?

Литература: [1, §XII.1-XII.6]; [2, § 8.1-8.3]; [3, § 12.1-12.4].

9. Геодезические разбивочные работы

Содержание и этапы разбивочных работ. 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 и проектных плоскостей. Построение в натуре проектных точек способами полярных и прямоугольных координат, угловых и линейных засечек, створных засечек.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы по теме 9

1. Сущность геодезических разбивочных работ и их точность. Элементы разбивочных работ.
2. Как построить на местности проектный горизонтальный угол и проектную длину линии?
3. Как вынести на местность проектную отметку с помощью нивелира и теодолита? Как выполнить контроль?
4. Как построить на местности линию проектного уклона с помощью нивелира (способ наклонного и горизонтального луча).
5. Как построить на местности линию проектного уклона с помощью теодолита? Как построить на местности наклонную плоскость?
6. Способы плановой разбивки сооружений и области их преимущественного применения. Составление разбивочного чертежа.
7. Полярный способ разбивки осей сооружения.
8. Способы угловой и линейной засечки разбивки осей сооружения.
9. Способ прямоугольных координат разбивки осей сооружений от пунктов строительной сетки.
10. Способ проектного теодолитного хода разбивки осей сооружений и область его применения.

Литература: [1, §XIII.1-VIII.4, §VIII.6]; [2, § 8.4-8.6]; [3, § 15.1-15.4; 16.1-16.7].

РАЗДЕЛ 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

10. Геодезические работы при проектировании и строительстве систем водоснабжения и канализации (для специальности 1-70 04 03)

Особенности инженерных изысканий для проектирования подземных коммуникаций. Классификация трубопроводов. Схемы устройства сетей водоснабжения и канализации. Колодцы. Выбор уклонов самотечных трубопроводов. Глубина заложения трубопроводов. Увязка взаимного положения подземных коммуникаций.

Основные виды топографо-геодезических работ при строительстве систем водоснабжения и канализации. Требования к точности создания геодезической основы для изысканий и строительства подземных коммуникаций. Геодезические работы при полевом и камеральном трассировании. Составление продольного и поперечного профилей. Геодезические расчеты при проектировании продольного профиля систем ВиК.

Перенос в натуру и укладка трубопроводов. Исполнительные съемки. Съемка подземных коммуникаций.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Состав геодезических работ при прокладке трасс подземных коммуникаций. Исходная проектная документация [6, § 4.3].
2. Особенности проектирования и камерального трассирования систем ВК. Сущность способа попыток и способа критического (минимального) уклона при камеральном трассировании. Порядок составления продольного профиля трассы [6, § 4.2; 2, § 9.10].
3. Методы создания и требования к точности планово-высотной разбивочной основы для строительства систем ВК [6, § 4.3; 2, § 9.8].
4. Порядок построения продольного профиля трассы по материалам полевого трассирования. Геодезические расчеты при проектировании продольного профиля систем ВК [2, § 9.10-9.11].
5. Способы и порядок выноса на местность оси трубопровода в плане. Как закрепляют на местности осевые точки подземных коммуникаций [2, § 9.12; 6, § 4.3]?
6. Разбивочные работы при разработке траншей и укладке трубопроводов [6, § 4.3; 2, § 9.13].
7. Как выполняют контроль производства земляных работ при разработке траншей? Применение лазерных приборов при производстве земляных работ и укладке трубопроводов [6, § 5.5; 8, § 10.2-§ 10.3].
8. Назначение исполнительных съемок, особенности исполнительных съемок подземных коммуникаций. Состав исполнительной документации [6, § 4.4; 2, § 9.15].
9. Методы съемок подземных коммуникаций и их точность. Сущность индуктивного метода съемки подземных коммуникаций [6, § 4.5; 2, § 9.7].
10. Геодезические работы при строительстве магистральных трубопроводов [3, § 29.2].

11. Геодезические работы при проектировании и строительстве автомобильных дорог (для специальностей 1-70 03 01)

Понятие об элементах автомобильных дорог и сооружений на них. Особенности и состав инженерных изысканий при проектировании и строительстве автомобильных дорог. Камеральное трассирование автомобильных дорог. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог с использованием цифровых моделей местности. Полевые геодезические работы при трассировании, закрепление трассы автомобильной дороги. Расчет и разбивка горизонтальных кривых. Вынос пикетов на кривую. Нивелирование трассы автомобильной дороги. Съемка поперечников и пересечений препятствий. Составление продольного и поперечного профилей. Проектирование по профилю. Определение объемов земляных работ. Беспикетный метод разбивки трассы автомобильной дороги. Геодезические работы при изысканиях мостовых переходов. Разбивочные сети мостов и путепроводов.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

1. Категории автомобильных дорог и основные требования по выбору уклонов и радиусов кривых (согласно ТКП 45-3.03-19-2006(02250)) [9, с.6-16].
2. Сущность камерального трассирования автомобильных дорог [4, § 25.4-25.5; 6, § 3.2].
3. Состав работ при полевом трассировании автомобильных дорог. Как закрепляют трассу автомобильной дороги [4, § 25.6-25.9]?
4. Нивелирование трассы автомобильной дороги. Как выполняют нивелирование через водные препятствия [4, § 26.1-26.3]?
5. В чем состоит беспикетный метод трассирования с помощью электронного тахеометра [4, § 26.10]?

6. Детальная разбивка кривых способом прямоугольных координат, область применения способа [4, § 27.2; 6, § 3.3].

7. Детальная разбивка кривых способом углов и способом продолженных хорд, область их применения [4, § 27.2; 6, § 3.3].

8. Вертикальная кривая, её основные элементы. Где на трассах автомобильных дорог разбивают вертикальные кривые [4, § 27.2; 6, § 3.3]?

9. Переходная кривая (типа клотоиды). Необходимость разбивки переходных кривых на трассах автомобильных дорог [4, § 24.5].

10. Создание разбивочных геодезических сетей для строительства дорог и мостовых переходов [4, § 28.3].

2. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Контрольная работа № 1

Задание 1. Ответьте на вопросы по темам специальной части курса

При выполнении задания необходимо проработать теоретические вопросы раздела 1 и составить ответы на *три вопроса* из списка вопросов для самостоятельной работы. Номер вопроса 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 к темам с нечетными номерами. Студенты, фамилии которых начинаются с букв Л, М, Н, ... Я, отвечают на вопросы к темам с четными номерами.

Задание 2. Вычислительная и графическая обработка результатов полевого трассирования автомобильной дороги

На участке местности выполнено полевое трассирование участка автомобильной дороги с двумя углами поворота (рис. 1.1). По трассе проложен магистральный ход – теодолитный ход, который совпадает с осью трассы. Главными точками магистрального хода являются начало трассы НТ (обычно это пикет 0 - ПК0), вершины углов поворота, которые закрепляют с учетом ситуации и рельефа, и конец трассы КТ. В магистральном

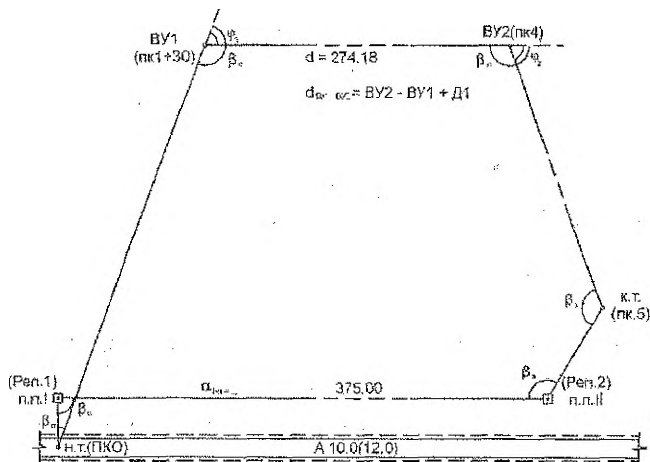
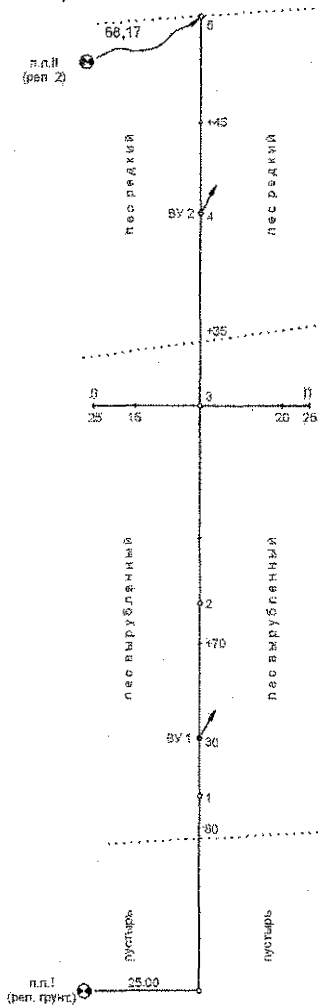


Рисунок 1.1 – Рабочая схема магистрального хода

ходе измеряют все горизонтальные углы одним приемом и расстояния между вершинами углов поворота с точностью 1/1000-1/2000 в зависимости от условий местности. Для вычисления координат главных точек трассы и вершин углов поворота начальная и конечная точки трассы опираются на геодезические пункты с известными координатами (пункты полигонометрии п.п. I и п.п. II). По трассе через 100 м разбит пикетаж (с расчетом и разбивкой на местности круговых кривых), плюсовые точки (характерные точки местности) и поперечник на ПКЗ (рис. 1.2). Нивелирование трассы выполнено с использованием точного нивелира НЗ и шашечных реек, высотная привязка трассы произведена к нивелирным реперам – Реп. 1 и Реп. 2 (совмещены с пунктами полигонометрии п.п. I – и п.п. II) (рис 1.1).



Параметры кривой
 $\Phi_{2n} = \dots$; $R_2 = 50,00$ м

Элементы кривой №2

$T = \dots$ $K = \dots$

$D = \dots$ $B = \dots$

Расчет кривой №2

$VУ 2 = ПК 4 + 00,00$

- T

НК = ПК 3+

+ K

КК =

-0,5 K

СК = ПК 3 +

+ 0,5D

$VУ 2 = ПК 4 + 00,00$

Параметры кривой

$\Phi_{1n} = 55^{\circ}00'$; $R_1 = 50,00$ м

Элементы кривой

$T = 26,03$; $K = 47,88$;

$D = 4,18$; $B = 6,37$

Расчет кривой №1

$VУ 1 = ПК 1 + 30,00$

- T 26,03

НК = ПК 1 + 3,97

+ K 47,88

КК = ПК 1 + 51,85

-0,5 K 23,94

СК = ПК 1 + 27,91

+0,5D 2,09

$VУ 1 = ПК 1 + 30,00$

Рисунок 1.2 – Пикетажный журнал

Исходные данные: пикетажный журнал (рис 1.2); журнал технического нивелирования (табл. 1.1); отметки начального и конечного репера $H_{\text{реп.1}}$ и $H_{\text{реп.2}}$, значения второго угла поворота трассы φ_2 , румб начального направления трассы (румб гпко-ву1), проектный уклон, которые выбирают по двум последним цифрам шифра из таблицы 1.2.

В результате выполнения расчетно-графических заданий 2 и 3 студент должен предоставить: пояснительную записку с результатами вычислений, выполненных согласно варианту; пикетажный журнал и журнал технического нивелирования трассы автомобильной дороги; продольный и поперечный профили трассы автомобильной дороги, составленные на листе миллиметровой бумаги формата А3 (для продольного профиля: горизонтальный масштаб 1:2000, вертикальный 1:200; для поперечного профиля: горизонтальный масштаб 1:1000, вертикальный 1:100).

Таблица 1.1 – Журнал технического нивелирования трассы автомобильной дороги

№№ станций	№ пикета	Отсчеты по рейкам в мм.			Превышения в мм.			Горизонт ин-струм. ГИ, м	Отметки Н, м.	№ пикета
		Задний	Передн.	Проме- жуточ.	вычисл	средн.	урав.			
					+	+	+			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
1	(п.п.) Реп.1	1121 5808								Реп.1
	ПК 0		1632 6318		-510				35,741	ПК 0
2	ПК 0	1378 6062			-504	+2 -503	-501		35,741	ПК 0
	ПК 1		1880 6564		-502				35,240	ПК1
3	ПК1	1874 6558			+990	989	+991	37,114	35,240	ПК1
	ПК2		0884 5570		+988				36,231	ПК2
	+70			2184					34,931	+70
4	ПК2	0608 5294							36,231	ПК2
(ВУ1)	X		2664 7347							X
5	X	0540 5223								X
	ПК3		2446 7131							ПК3
	П+20			2026						П+20
	П+25			1608						П+25
	П+15			0992						П+15
	П+25			1585						П+25
6	ПК3	2796 7479								ПК3
(ВУ2)	ПК4		0936 5619							ПК4
	+35			1642						+35
7	ПК4	1926 6610								ПК4
	ПК5		0328 5010							ПК5
	+45			1926						+45

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
8	ПК5 (пл II) Реп.2	1644 6331								ПК5
			2234 6919						35,150	Реп.2
Суммы									Нрел.2 - Нрел.1 = -1,100 м	
Контроль		$\Sigma 3 - \Sigma 1 = \dots \Sigma h_{выч} = \dots = 2\Sigma h_{пр.1} \quad \Sigma h_i = (Нрел.2 - Нрел.1) = -1,100 \text{ м}$								
Невязки		$f_h = \Sigma h_{пр} - (H_{D2} - H_{P1}) = \dots \text{ мм} \quad f_{h_{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \quad \sqrt{L} = \pm 39 \text{ мм} \quad L = 0,6 \text{ км}$								

Таблица 1.2 – Исходные данные к контрольной работе № 1

Вариант	Румб г ПК0-ВУ ₁	Ф ₂	i про-ект, %	Отметки началь-ного и конечного репера Н, м.		Вариант	Румб г ПК0-ВУ ₁	Ф ₂	i про-ект, %	Отметки началь-ного и конечного репера Н, м.	
				Реп. 1	Реп. 2					Реп. 1	Реп. 2
1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5
Для группы: ВВиОР 70 04 03 (1 группа)						Для группы: ВВиОР 70 04 03 (2 группа)					
01	СЗ: 53°17'	54°58'	-3,3	56,73	55,63	01	СВ: 43°38'	53°58'	-4,9	68,63	67,53
02	СЗ: 52°43'	54°56'	-3,6	49,49	48,39	02	СВ: 45°22'	53°56'	-5,2	56,43	55,33
03	СЗ: 51°00'	54°54'	-3,9	40,28	39,18	03	СВ: 47°42'	53°54'	-5,5	69,33	68,23
04	СЗ: 48°44'	54°52'	-4,2	62,85	61,75	04	СВ: 49°29'	53°52'	-5,8	50,89	49,79
05	СЗ: 46°29'	54°50'	-4,5	55,68	54,58	05	СВ: 51°16'	53°50'	-6,1	58,38	57,28
06	СЗ: 44°38'	54°48'	-4,8	46,35	45,25	06	СВ: 53°40'	53°48'	-6,4	65,81	64,71
07	СЗ: 42°18'	54°46'	-5,1	65,82	64,72	07	СВ: 55°29'	53°46'	-6,7	58,65	57,55
08	СЗ: 40°31'	54°44'	-5,4	70,91	69,81	08	СВ: 57°57'	53°44'	-7,0	50,88	49,78
09	СЗ: 38°45'	54°42'	-5,7	52,54	51,44	09	ЮВ: 77°57'	53°42'	-7,3	79,34	78,24
10	СЗ: 36°20'	54°40'	-6,0	45,36	44,26	10	ЮВ: 75°29'	53°40'	-7,6	66,43	65,33
11	СЗ: 34°31'	54°38'	-6,3	59,80	58,70	11	ЮВ: 73°40'	53°38'	-7,9	65,33	64,23
12	СЗ: 32°03'	54°36'	-6,6	68,38	67,28	12	ЮВ: 71°16'	53°36'	-8,2	75,43	74,33
13	СЗ: 30°10'	54°34'	-6,9	50,82	49,72	13	ЮВ: 69°29'	53°34'	-8,5	58,89	57,79
14	СВ: 10°10'	54°32'	-7,2	54,51	53,41	14	ЮВ: 67°42'	53°32'	-8,8	64,43	63,33
15	СВ: 12°03'	54°30'	-7,5	73,72	72,62	15	ЮВ: 65°22'	53°30'	-9,1	58,34	57,24
16	СВ: 14°31'	54°28'	-7,8	54,28	53,18	16	ЮВ: 63°38'	53°28'	-9,4	66,85	65,75
17	СВ: 16° 20'	54°26'	-8,1	48,73	47,63	17	ЮВ: 61°16'	53°26'	-9,7	49,43	48,33
18	СВ: 18°45'	54°24'	-8,4	67,28	66,18	18	ЮВ: 59°00'	53°24'	-9,8	52,82	51,71
19	СВ: 20°31'	54°22'	-8,7	60,89	59,79	19	ЮВ: 57°18'	53°22'	-10,3	55,63	54,53
20	СВ: 22°18'	54°20'	-9,0	45,46	44,36	20	ЮВ: 56°43'	53°20'	-9,4	74,38	73,28
21	СВ: 24°38'	54°18'	-9,3	52,58	51,48	21	ЮВ: 53°17'	53°19'	-2,0	57,43	56,33
22	СВ: 26°22'	54°16'	-9,6	65,72	64,62	22	ЮВ: 52°42'	53°21'	-2,3	63,82	62,72
23	СВ: 28°44'	54°14'	-9,9	52,91	51,81	23	ЮВ: 51°00'	53°23'	-2,6	48,47	47,37
24	СВ: 31°00'	54°12'	-10,2	77,29	76,19	24	ЮВ: 48°44'	53°25'	-2,9	55,33	54,23
25	СВ: 32°42'	54°10'	-10,1	69,72	68,62	25	ЮВ: 46°22'	53°27'	-3,2	74,61	73,51
26	СВ: 33°17'	54°08'	-3,4	56,47	55,37	26	ЮВ: 44°38'	53°29'	-3,5	48,48	47,38
26	СВ: 36°43'	54°06'	-3,7	68,72	67,62	27	ЮВ: 42°18'	53°31'	-3,8	57,72	56,62
28	СВ: 37°18'	54°04'	-4,0	50,77	49,67	28	ЮВ: 40°31'	53°33'	-4,1	45,71	44,61
29	СВ: 39°00'	54°02'	-4,3	52,91	51,81	29	ЮВ: 38°44'	53°35'	-4,4	67,48	66,38
30	СВ: 41°16'	54°00'	-4,6	50,85	49,75	30	ЮВ: 36°20'	53°37'	-4,7	60,65	59,55
Для группы: АД 70 03 01											
01	СЗ: 73°40'	54°39'	-5,8	79,44	78,34	16	ЮВ: 58°00'	54°58'	-5,2	44,42	43,30
02	СЗ: 71°16'	54°41'	-5,9	48,96	47,86	17	ЮВ: 61°00'	54°56'	-5,4	56,58	55,44
03	СЗ: 69°29'	54°43'	-6,0	54,54	53,44	18	ЮВ: 64°00'	54°54'	-5,6	61,08	59,96
04	СЗ: 67°42'	54°45'	-6,1	48,75	47,65	19	ЮВ: 67°00'	54°52'	-3,8	34,13	33,01

Продолжение таблицы 1.2

05	СЗ: 65°22'	54°47'	-6,2	59,86	58,76	20	ЮВ: 70°00'	54°50'	-4,0	68,74	67,61
06	СЗ: 63°38'	54°49'	-6,3	62,35	61,25	21	ЮВ: 52°00'	54°48'	-4,3	61,33	60,20
07	СЗ: 61°16'	54°51'	-6,4	83,46	82,36	22	ЮВ: 49°00'	54°46'	-4,5	49,48	48,35
08	СЗ: 59°00'	54°53'	-6,5	49,84	48,74	23	ЮВ: 46°00'	54°44'	-4,7	57,18	56,05
09	СЗ: 57°18'	54°55'	-6,6	82,33	81,23	24	ЮВ: 43°00'	54°42'	-4,9	38,88	37,76
10	СЗ: 56°43'	54°57'	-6,7	59,28	58,18	25	ЮВ: 40°00'	54°40'	-3,6	47,92	46,80
11	СЗ: 52°00'	55°02'	-4,2	37,18	36,05	26	СЗ: 58°00'	54°53'	-3,4	58,56	57,44
12	СЗ: 49°00'	55°05'	-4,4	41,84	40,71	27	СЗ: 61°00'	54°51'	-3,7	61,18	60,04
13	СЗ: 46°00'	55°08'	-4,6	52,49	51,37	28	СЗ: 64°00'	54°49'	-3,9	50,25	49,12
14	СЗ: 43°00'	55°03'	-4,8	39,12	38,00	29	СЗ: 67°00'	54°47'	-4,1	66,32	65,20
15	СЗ: 40°00'	55°06'	-5,0	54,36	53,22	30	СЗ: 70°00'	54°45'	-4,3	43,84	42,71

В пикетажном журнале приведен расчет круговой кривой для вершины угла поворота (ВУ № 1). Параметры кривой $\varphi_{1(\text{правый})} = 55^\circ 00'$ и радиус закругления $R = 50,00$ для всех вариантов одинаковы. Расчет второй круговой кривой необходимо выполнить самостоятельно, используя значения угла поворота φ_{2n} (табл. 1.2). Результаты расчета выполняю в пикетажном журнале аналогично расчету первой круговой кривой (рис. 1.2).

Кроме того, необходимо по начальному направлению трассы (румб ПКО-ВУ₁), приведенному в таблице 1.2, вычислить румб ВУ₁ - ВУ₂ и румб ВУ₂ – до ПК5. Концом участка трассы для всех вариантов является пикет 5 (ПК5). Определение направлений прямолинейных участков трассы показано на рис. 1.3.

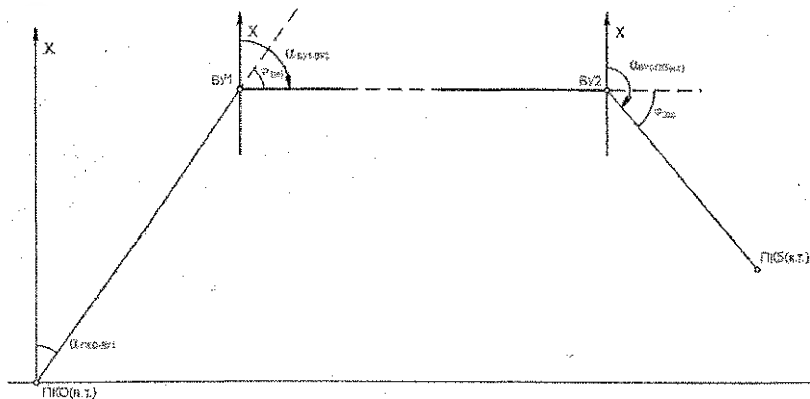


Рисунок 1.3 – Вычисление румбов прямолинейных участков оси трассы дороги

Если угол поворота оси трассы правый, то

$$\alpha_{\text{полн.}} = \alpha_{\text{прел.}} + \varphi_{\text{прав.}} \quad (1.1)$$

Если угол поворота оси трассы левый, то

$$\alpha_{\text{полн.}} = \alpha_{\text{прел.}} - \varphi_{\text{лев.}} \quad (1.2)$$

В контрольном задании **оба угла поворота правые**. Если в процессе вычислений дирекционный угол получится больше 360° ($\alpha > 360^\circ$), тогда нужно уменьшить полученный результат на 360° . И наоборот, если в процессе вычислений дирекционный угол получится меньше 360° , нужно прибавить 360° .

Пример 1. Пусть румб первоначального направления $C3:4^{\circ}24'$, дирекционный угол $\alpha = 355^{\circ}36'$, угол поворота оси трассы правый $\varphi_{пр.} = 44^{\circ}30'$. Рассчитаем дирекционный угол последующего направления по формуле (1.1):

$$355^{\circ}36' + 44^{\circ}30' = 400^{\circ}06' - 360^{\circ}00' = 40^{\circ}06'$$

Тогда румб последующего направления равен СВ: $40^{\circ}06'$.

Пример 2. Пусть румб первоначального направления СВ: $6^{\circ}20'$, угол поворота оси трассы левый $\varphi_{лев.} = 34^{\circ}42'$. Рассчитаем дирекционный угол последующего направление по формуле (1.2): $(6^{\circ}20' + 360^{\circ}00') - 34^{\circ}42' = 331^{\circ}38'$. Тогда румб последующего направления равен СЗ: $28^{\circ}22'$. Все указанные вычисления выполняют в контрольной работе и приводят соответствующий рисунок.

Пикетажный журнал необходимо вычертить на листе миллиметровой бумаги формата А-4 и привести вычисления пикетажных значений точек кривой.

При обработке журнала технического нивелирования необходимо переписать в соответствии с вариантом в графу 10 (табл. 1.1) высотные отметки начального Реп. 1 и конечного репера Реп 2 из табл. 1.2. На первых трех станциях в таблице 1.1 показаны превышения h , вычисленные по формуле:

$$h = 3 - П, \quad (1.3)$$

где 3 – отсчет по задней рейке (графа 3), П – отсчет по передней рейке (графа 4)

Для контроля превышения вычисляют по черным и красным отсчетам (расхождение превышений не должно превышать 5 мм). Знак превышения может быть положительный (+) или отрицательный (-). Перед вычисленными превышениями обязательно указывать знак.

Вычисленные превышения записывают в графу 6. При вычислениях средних превышений (графа 7) результаты округляют до целых мм. Например, $h_{ср} = -1243,5$ мм следует записать – 1244 мм, если $h_{ср} = 846,5$ мм, то после округления $h = 846$ мм.

После вычислений всех превышений (графы 6,7) выполняют *постраничный контроль*

$$\sum 3 - \sum П = \sum h_{выч.} = 2 \sum h_{ср.} \quad (1.4)$$

Расхождение $\sum h_{выч.}$ и $2 \sum h_{ср.}$ может быть 1-3 мм за счет округления при вычислении средних превышений. Выполнение данного контроля подтверждает правильность вычислений превышений (графы 6,7). Суммарные величины записывают в строке суммы (Σ).

Выполнив постраничный контроль, вычисляют невязку нивелирного хода. Для разомкнутого нивелирного хода, невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \sum h_{ср.} - (H_{пн2} - H_{пн1}), \quad (1.5)$$

где $H_{пн2}$ и $H_{пн1}$ – отметки реперов Рп.2 и Рп.1.

Вычисляем допустимую невязку для технического нивелирования по формуле:

$$f_{h доп.} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L, \text{ км}}, \quad (1.6)$$

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

Уравненные превышения $h_{ур.}$ вычисляют по формуле:

$$h_{ур.} = h_{ср.} + v_h, \quad (1.7)$$

где v_h – поправка в превышение, вычисляемая по формуле:

$$v_h = \frac{-f_h}{n}, \quad (1.8)$$

где n – число превышений.

Контроль: сумма поправок равна невязке с противоположным знаком:

$$\sum v_n = -f_n \quad (1.9)$$

$$\sum h_{\text{зп}} = \sum h_r = (H_{\text{пр}2} - H_{\text{пр}1}) \quad (1.10)$$

Вычисление отметок связующих точек (пикетов) выполняют последовательным алгебраическим сложением отметки предыдущей точки и уравнированного превышения.

Пример. Отметка ПК0 равна отметке репера 1 плюс уравнированное превышение между Рп1 и ПК0, т.е. $H_{\text{ПК0}} = H_{\text{Рп1}} + h_{\text{ур}} = 36,250 + (-0,509) = 35,741$ м

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек является равенство вычисленной $H_{\text{Рп}2}$ и $H_{\text{Рп}2}$ исходной отметок.

Завершающим этапом обработки журнала технического нивелирования является вычисление отметок промежуточных (плюсовых) точек, которые находятся как на оси трассы, так и на поперечниках (рис. 1.2).

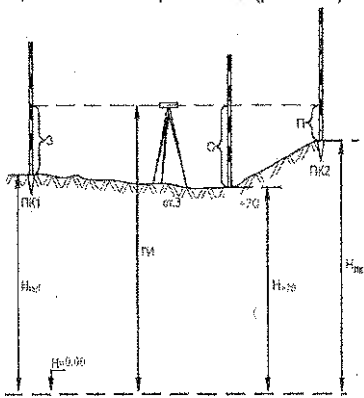


Рисунок 1.4 – Горизонт инструмента

Для этого вначале вычисляют отметку горизонтальной визирной оси нивелира – горизонта инструмента – ГИ (рис. 1.4).

Горизонтом инструмента называют отметку визирной оси данной станции над урвненной поверхностью.

Горизонт инструмента (ГИ) вычисляют только на тех станциях, где есть промежуточные (плюсовые) точки; отсчеты по черной стороне рейки на этих точках указаны в графе 5 (табл. 1.1.)

Пример вычисления отметки промежуточной точки на станции 3:

$$1) \text{ ГИ} = H_{\text{ПК1}} + 3_ч = 35,240 + 1,874 = 37,114 \text{ м};$$

$$2) H_{\text{ПК1+70}} = \text{ГИ} - c = 37,114 - 2,184 = 34,931 \text{ м}$$

где c – отсчет по черной стороне на точке ПК1+70.

Журнал технического нивелирования (табл. 1.1) и пикетажный журнал (рис. 1.2) служат исходным материалом для построения фактического продольного профиля и поперечного профиля.

Последовательность построения продольного и поперечного профилей.

1. Вычерчивают сетку продольного профиля на листе миллиметровой бумаги размером 420x297 (Формат А3) в соответствии с рисунком 1.5, на котором указаны наименование и размеры (в мм) горизонтальных граф и их номера – в направлении снизу вверх. Верхнюю горизонтальную линию профильной сетки (верхнюю линию графы, план местности) следует совместить с одной из линий на миллиметровой бумаге, а нижняя линия должна располагаться от нижнего края листа на 5 см.

2. Графы №1 и №2 заполняют в соответствии с пикетажным журналом. Номера пикетов подписывают через 100 м (5 см) с учетом горизонтального масштаба 1:2000, как показано на рис. 1.5. В графе №2 «Расстояния» выделяют вертикальными отрезками с указанием расстояний плюсовых точек.

ПРОДОЛНЫЙ ПРОФИЛЬ ТРАССЫ



Масштабы
 1:1000
 1:100

Условный горизонт

24

6	Развернутый план трассы	
5	Прямые	Уклоны, ‰
		Отметки, м
4	Отметки земли вдоль оси трассы, м	
3	Расстояния, м	
1	Наименование	
	прямые	кривые

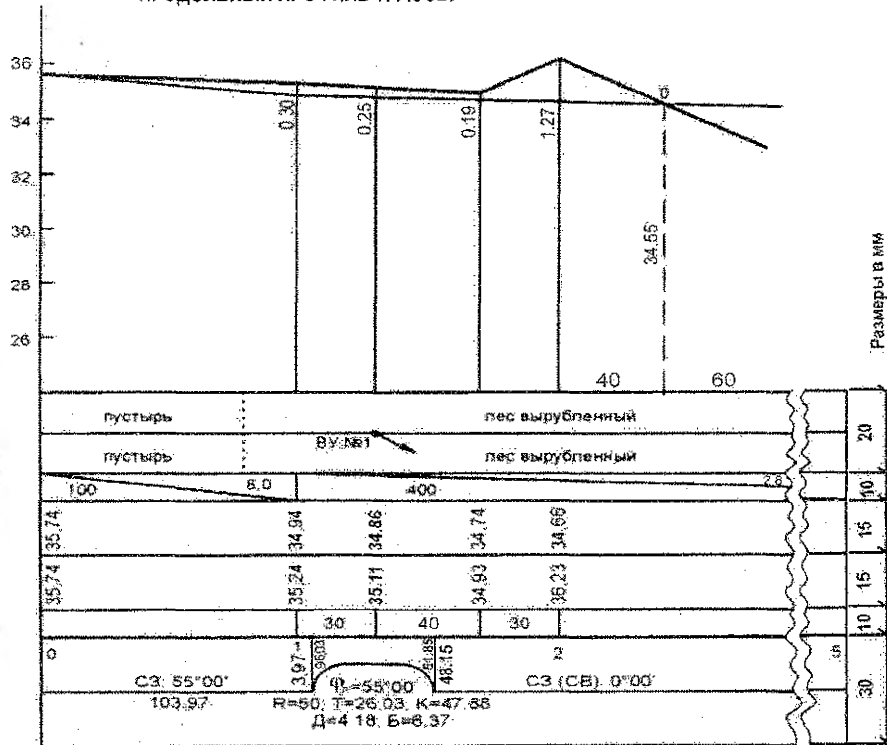


Рисунок 1.5 – Пример продольного и поперечного профиля трассы дороги (сетка профиля и его часть)

Круговые кривые, сопрягающие прямые участки трассы изображаются в графе 1 условным знаком в виде дуги красным цветом, как показано на рис. 1.5. Начало и конец кривой отмечается вертикальной чертой, по их пикетажным значениям. Кривые участки трассы обозначаются условными дугами (высотой 5мм) по длине, равной значению кривой. Положение дуги кривой определяется направлением угла поворота, дуга вычерчивается выпуклостью вверх, для углов поворота вправо (рис. 1.5) и выпуклостью вниз для углов поворота влево. Внутри каждой дуги вписывают ее параметры и элементы: радиус, угол поворота трассы, тангенс, кривую, биссектрису и домер. В начале и конце условного знака кривой проводятся вертикальные прямые до линии пикетажа: на этих линиях с обеих сторон подписываются расстояния от начала и конца кривой до ближайших пикетов, между которыми они находятся. Сумма этих расстояний, подписанная с обеих сторон вертикальной линии, всегда равна 100 м.

На прямых участках условного плана трассы вписывают (графа 1) длины прямых линий и румбы этих линий. Под линией подписывают длину прямой вставки, над линией — направление румба и его значение. Все записи и линии (кроме номеров пикетов) условного плана трассы в графе 1 производятся красным цветом.

3. Для заполнения графы 6 "План трассы" используют пикетажный журнал, из которого переносят всю ситуацию. Посредине графы проводят красным цветом прямую линию — проектную ось трассы. По обе стороны от этой линии подписывают наименования сельскохозяйственных земель и условными знаками обозначают ситуацию местности.

4. Для заполнения графы 3 сетки профиля выписывают из таблицы 1.1 (журнал технического нивелирования) отметки соответствующих пикетов и промежуточных точек, округляя до сотых долей метра. Например, если вычисленная в журнале отметка ПК0 равна 35,741, то на профиле в графу 3 над ПК0 подписывают 35,74.

5. Строят фактический продольный профиль выше линии условного горизонта на 6-8 см (в нашем примере условный горизонт принят 24 м). Далее отметки всех точек откладывают от линии условного горизонта в вертикальном масштабе 1:200.

Соединив полученные точки, получают ломаную линию между ПК0 и ПК5, то есть продольный профиль трассы.

Аналогично строят поперечный профиль на пикете 3. Над сеткой профиля расстояния откладывают вправо и влево от пикета 3 в масштабе 1:1000 (рис 1.5), вертикальный масштаб принимают равным 1:100.

Задание 3. Составление проекта профиля трассы дороги

Составление проекта продольного и поперечного профилей трассы включает две части: графическое и аналитическое проектирование. Графическое проектирование — это проведение линии проектного профиля (продольного и поперечного) с соблюдением технических требований трассы.

Так как фактический продольный профиль трассы представляет собой ломаную линию, ее необходимо преобразовать в проектную (красную) линию с одной точкой перелома. Точкой перелома является пикет 1 (ПК1) для группы ВВиОР 70 04 03 (1 группа), ПК2 (для группы ВВиОР 70 04 03 (2 группа) и ПК1+70 для группы для группы АД 70 03 01. При этом проектная отметка нулевого пикета для всех вариантов равна фактической отметке ($H_{ПК0пр.} = H_{ПК0факт.}$).

Проектный уклон $i_{пр.}$ для каждого варианта приведен в таблице 1.2 (графа 4).

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

$$H_{ПК1пр} = H_{ПК0пр} + (\pm i_{пр}) \cdot d = H_{ПК0пр} + (-0,008) \cdot d, \quad (1.11)$$

где d – горизонтальное расстояние от ПК0 до точки перелома.

Проектную линию профиля от точки перелома до (ПК 5) каждый студент проводит самостоятельно, соблюдая основные требования графического проектирования: минимальный объем земляных работ (равенство объемов выемки и насыпи).

После графического подбора (проведения) линии проектного уклона до пикета 5 выполняют аналитическое проектирование, предварительно записав в графу 4 проектные отметки начала трассы ($H_{ПК0пр}$), точки перелома и конца трассы ($H_{ПК5пр}$). Отметку $H_{пр}$ точки перелома проектной линии каждый 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 0,1 м (0,5 мм). Далее вычисляют проектный уклон $i_{пр}$, ‰. Например, для рис. 1.5:

$$i_{пр} = \frac{H_{5пр} - H_{1пр}}{d_{ПК1-ПК5}} = \frac{33,80 - 34,94}{400} = \frac{-1,14}{400} = -0,0028 = -2,8‰. \quad (1.12)$$

Тогда проектные отметки пикетов будут соответственно равны:

$$H_{ПК2пр} = H_{ПК1пр} + (-0,28) = 34,94 - 0,28 = 34,66 \text{ м,}$$

$$H_{ПК3} = 34,66 + (-0,28) = 34,58 \text{ м и т. д.}$$

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

Например, отметка точки ПК 1 + 70

$$H_{(ПК1+70)пр} = H_{ПК1пр} + (-2,8/1000) \cdot 70 = 34,94 + (-0,20) = 34,74 \text{ м.}$$

По вычисленным проектным отметкам точек строим проектную линию и выполняем графический контроль: все проектные точки должны лежать на одной прямой. Вычисление рабочих отметок h_r выполняют по формуле:

$$h_{р ПК1} = H_{пр. ПК1} - H_{ПК1}. \quad (1.13)$$

Например, рабочая отметка на пикете 1 равна

$$h_{р ПК1} = H_{пр. ПК1} - H_{ПК1} = 34,94 - 35,24 = -0,30 \text{ м.}$$

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

В местах пересечения линий фактического профиля и проектного рабочие отметки равны нулю ($h_{реб.} = 0,00$). Такие точки называют точками нулевых работ (рис 1.6). Для точек нулевых работ необходимо вычислять расстояния x и y до ближайших пикетов или промежуточных точек.

$$x = \frac{|+h|}{|+h| + |-h|} \cdot d, \quad (1.14)$$

$$y = \frac{|-h|}{|+h| + |-h|} \cdot d.$$

Контроль: $x+y=d$

Оформление продольного профиля заполнить так, как показано на рис 1.5.

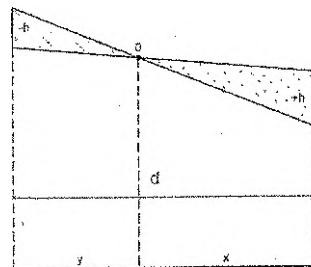


Рисунок 1.6 – Вычисление расстояний до точки нулевых работ

Точки нулевых работ оформляются **синим** цветом. Проектные отметки точек нулевых работ вычисляются так же, как отметки плюсовых, используя вычисленные расстояния x и y и проектный уклон линии профиля.

Их подписывают **синим** цветом вдоль пунктирной линии, проведенной от точки нулевых работ к линии условного горизонта (тоже синим цветом) (рис. 1.5).

На поперечном профиле горизонтальная линия на проектной высоте гикета 3 проводится **красным** цветом. Рабочие отметки на поперечном профиле также оформляются **красным** цветом. К оформлению также относятся наименование чертежа (вверху), масштабы (внизу), фамилии студента и преподавателя (рис. 1.5).

Контрольная работа № 2

Задание 1. Ответьте на вопросы по темам 7-11 разделов 2 и 3

Из списка вопросов для самостоятельной работы необходимо составить ответы на **три вопроса** раздела 2 и **один вопрос** раздела 3 в соответствии со специальностью. Номер вопроса определяется последней цифрой учебного шифра студента (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 (10)). Ответы на вопросы необходимо сопровождать пояснительными рисунками.

Задание 2. Обработка результатов тахеометрической съемки

На участке местности создано планово-высотное съемочное обоснование путем проложения теодолитного хода между пунктами полигонометрии п.п. I и п.п. II. На рабочей схеме теодолитного хода (рис. 2.1) подписаны средние значения правых по ходу горизонтальных углов β , углов наклона, расстояний d , которые являются общими для всех вариантов. По результатам полевых измерений необходимо вычислить координаты и отметки пунктов планово-высотного обоснования, а затем выполнить камеральную обработку результатов тахеометрической съемки.

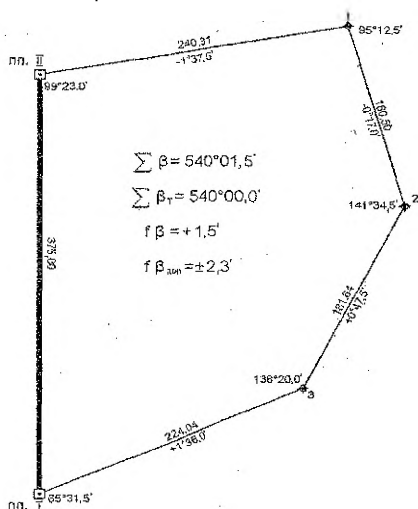


Рисунок 2.1 – Рабочая схема теодолитного хода

Исходные данные: координаты и высоты пунктов полигонометрии, а также дирекционные углы определяются по номеру варианта, который соответствует двум последним цифрам шифра (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Исходные данные к контрольной работе № 2

Вариант	Координаты, м				Отметки, м		Дирекционные углы $\alpha_{1-1'}$
	X_I	Y_I	X_{II}	Y_{II}	п.п. I,	п.п. II,	
1	2	3	4	5	6	7	8
Для группы ВВиОР 70 04 03 (1 группа)							
00	520,00	520,00	894,90	531,25	56,73	55,63	7°43,1'
01	520,00	520,00	894,70	535,00	49,49	48,39	2° 17,5'
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	58,72	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	660,00	940,00	603,77	569,25	70,63	69,53	261°22,5'
32	660,00	940,00	619,02	567,25	57,91	56,81	263°43,5'
Для группы ВВиОР 70 04 03 (2 группа)							
00	900,00	540,00	753,75	885,30	50,88	49,78	112°57,3'
01	940,00	760,00	594,70	906,25	79,34	78,24	157°02,7'
02	940,00	760,00	588,71	891,25	66,43	65,33	159°30,8'
03	940,00	760,00	584,71	880,00	65,33	64,23	161°20,3'
04	940,00	760,00	580,00	864,98	75,43	74,33	163°44,5'
05	940,00	760,00	576,91	853,75	58,89	57,79	165°31,3'
06	940,00	760,00	574,18	842,50	64,43	63,33	167°17,5'
07	940,00	760,00	571,12	827,50	58,34	57,24	169°37,8'
08	940,00	760,00	569,25	816,23	66,85	65,75	171°22,5'
09	940,00	760,00	567,25	800,98	49,43	48,33	173°43,5'
10	940,00	760,00	565,90	786,19	52,82	51,71	175°59,8'
11	940,00	760,00	565,30	775,00	55,63	54,53	177°42,5'
12	940,00	760,00	565,10	771,25	74,38	73,28	178°16,9'
13	900,00	880,00	525,10	868,75	57,43	56,33	181°43,1'

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
14	900,00	880,00	525,30	865,00	63,82	62,72	182°17,5'
15	900,00	880,00	525,90	853,81	48,47	47,37	184°00,2'
16	900,00	880,00	527,25	839,02	55,33	54,23	186°16,5'
17	900,00	880,00	529,25	823,77	74,61	73,51	188°37,5'
18	900,00	880,00	531,12	812,50	48,48	47,38	190°22,2'
19	900,00	880,00	534,18	797,50	57,72	56,62	192°42,5'
20	900,00	880,00	536,91	786,25	45,71	44,61	194°28,7'
21	900,00	880,00	540,00	775,02	67,48	66,38	196°15,5'
22	900,00	880,00	544,71	760,00	60,65	59,55	198°39,7'
23	900,00	880,00	548,71	748,75	50,82	49,72	200°29,2'
24	900,00	880,00	554,70	733,75	74,58	73,48	202°57,3'
25	900,00	880,00	559,68	722,50	58,43	57,33	204°50,1'
26	660,00	940,00	502,50	599,68	60,78	59,68	245°09,9'
27	660,00	940,00	513,75	594,70	45,33	44,23	247°02,7'
28	660,00	940,00	528,75	588,71	68,72	67,62	249°30,8'
29	660,00	940,00	540,00	584,71	59,53	58,43	251°20,3'
30	660,00	940,00	555,02	580,00	48,43	47,33	253°44,5'
31	660,00	940,00	566,25	576,91	72,38	71,28	255°31,3'
32	660,00	940,00	577,50	574,18	80,64	79,54	257°17,5'
Для группы АД 70 03 01							
01	660,00	940,00	633,81	565,90	40,32	39,22	265°59,8'
02	660,00	940,00	645,00	565,30	57,82	56,72	267°42,5'
03	660,00	940,00	648,75	565,10	68,52	67,42	268°16,9'
04	540,00	900,00	551,25	525,10	55,67	54,57	271°43,1'
05	540,00	900,00	555,00	525,30	62,29	61,19	272°17,5'
06	540,00	900,00	566,19	525,90	60,71	59,61	274°00,2'
08	540,00	900,00	580,98	527,25	50,94	49,84	276°16,5'
09	540,00	900,00	596,23	529,25	54,33	53,23	278°37,5'
10	540,00	900,00	607,50	531,12	69,71	68,61	280°22,2'
11	540,00	900,00	622,50	534,18	59,84	58,74	282°42,5'
12	540,00	900,00	633,75	536,91	50,39	49,29	284°28,7'
13	540,00	900,00	644,98	540,00	78,43	77,33	286°15,5'
14	540,00	900,00	660,00	544,71	65,64	64,54	288°39,7'
15	540,00	900,00	671,25	548,71	54,78	53,68	290°29,2'
16	540,00	900,00	686,25	554,70	46,76	45,66	292°57,3'
17	480,00	660,00	825,30	513,75	59,73	58,63	337°02,7'
18	480,00	660,00	831,29	528,75	62,27	61,17	339°30,8'
19	480,00	660,00	835,29	540,00	79,44	78,34	341°20,3'
20	480,00	660,00	840,00	555,02	48,96	47,86	343°44,5'
21	480,00	660,00	843,09	566,25	54,54	53,44	345°31,3'
22	480,00	660,00	845,82	577,50	48,75	47,65	347°17,5'
23	480,00	660,00	848,88	592,50	59,86	58,76	349°37,8'
24	480,00	660,00	850,75	603,77	62,36	61,25	351°22,5'
25	480,00	660,00	852,75	619,02	83,46	82,36	353°43,5'
26	480,00	660,00	854,10	633,81	49,84	48,74	355°59,8'
27	480,00	660,00	854,70	645,00	82,33	81,23	357°42,5'
28	480,00	660,00	854,90	648,75	59,28	58,18	358°16,9'
29	900,00	540,00	832,50	908,88	56,43	55,33	100°22,2'
30	900,00	540,00	817,50	905,82	69,33	68,23	102°42,5'
31	900,00	540,00	806,25	903,09	50,89	49,79	104°28,7'
32	900,00	540,00	795,02	900,00	58,38	57,28	106°15,5'

Последовательность выполнения задания

1. Вычисление отметок точек теодолитного хода

В таблице 2.2 уравнены горизонтальные проложения, превышения, выполнено уравнение превышений и вычислены отметки 1, 2, 3 теодолитного хода. При этом содержание граф 1-7 является общим для всех вариантов. В графа 8 отметки пунктов п.п. I и п.п. II должны соответствовать варианту и выписываются из графы би 7 (табл. 2.1).

Так как теодолитный ход разомкнутый (опирается на два пункта полигонометрии с известными отметками), невязку в превышениях вычисляют по формуле

$$f_h = \sum h - \sum h_T, \quad (2.1)$$

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

Допустимая высотная невязка в тригонометрическом нивелировании определяется по формуле:

$$f_{h_{доп}} = \frac{0,04m \sum d, м}{100m \sqrt{n}}, \quad (2.2)$$

где n – число станций.

Величина допустимой невязки для всех вариантов имеет одинаковое значение

$$f_{h_{доп}} = \pm 0,16 \text{ мм.}$$

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.

Таблица 2.2 – 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 уравн. h, м	Высоты точек H, м	№№ точек
1	2	3	4	5	6	7	8	9
II							35,15	II
1	240,31	-1°37,5'	240,21	-6,80	-3	-6,83	28,32	1
2	160,50	-0°17,0'	160,50	-0,80	-2	-0,82	27,50	2
3	181,64	+0°47,5'	181,62	+2,52	-2	+2,50	30,00	3
I	224,04	+1°36,0'	223,95	+6,28	-3	+6,25	36,25	I
Суммы	$\sum d = 0,8$ км		+1,20	-10	+1,10			
			$f_h = +0,10$ м; $f_{h_{доп}} = \pm 0,16$ м					

Сумма исправленных превышений должна быть равна теоретической

$$\sum h_T = N_I - N_{II}. \quad (2.3)$$

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

2. Вычисление координат вершин теодолитного хода

Координаты вычисляют в ведомости вычисления координат (табл. 2.3). В графу 1 записывают номера точек, начиная с исходных I, II, 1, 2, 3, I, II. В графу 2 записывают зна-

чения 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 и исходные координаты точек I, II в графы 11 и 12.

Вычисления в таблице 2.3 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 $\sum \beta$. Причем несоответствие этих сумм дает угловую невязку f_{β} :

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{пр}} - \sum \beta_{\text{т}}, \quad (2.4)$$

где $\sum \beta_{\text{пр}} = \beta_{\text{II}} + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4$; $\sum \beta_{\text{т}} = 180^\circ (n-2)$; n – количество углов в ходе ($n = 5$).

В таблице 2.3 величина угловой невязки $f_{\beta} = +1,5'$.

Для оценки точности угловых измерений полученную невязку сравнивают с допустимой

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' \sqrt{n}, \quad (2.5)$$

Допустимая угловая 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. 2.3).

Контролем правильности исправления углов является равенство:

$$\sum \beta_{\text{испр}} = \sum \beta_{\text{т}}. \quad (2.6)$$

В примере таблицы 2.3 $\sum \beta_{\text{т}} = 540^\circ 00,0'$.

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.

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + 180^\circ - \beta_{\text{испр}}. \quad (2.7)$$

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

Пример. Исходный дирекционный угол линии I-II равен $\alpha_{\text{I-II}} = 0^\circ 00,0'$. Дирекционный угол последующей линии равен $\alpha_{\text{II-III}} = \alpha_{\text{I-II}} + 180^\circ - \beta_{\text{II испр}}$,

$$\alpha_{\text{II-III}} = 0^\circ 00,0' + 180^\circ - 95^\circ 12',2 = 80^\circ 37',3.$$

Контролем правильности вычисления дирекционных углов является равенство:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{I-II иск}} &= \alpha_{\text{I-II выч}}; \\ \alpha_{\text{II-III выч}} &= \alpha_{\text{I-II}} + 180^\circ - \beta_{\text{II испр}}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

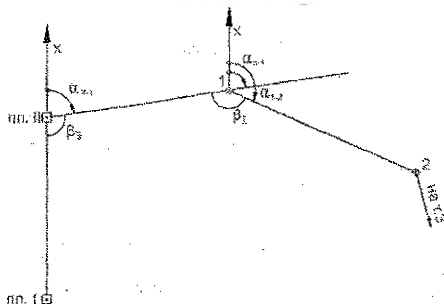


Рисунок 2.2 – Вычисление дирекционных углов линий теодолитного хода

Таблица 2.3 – Ведомость вычисления координат теодолитного хода

№ точки	Измерен. горизонт. углы, поправки	Уравненные горизонт. углы	Дирекционные углы румбы, г	Sin γ Cos γ	Горизонт. проложен d, м	Приращения координат, м				Координаты точек, м	
						вычисленные		уравненные		X	Y
						Δx	Δy	Δx	Δy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I			0° 00,0'								
II	-0,3' 99°23',0	99°22,7'	СВ: 80°37,3' 80°37,3'	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					$\sum n =$ $\sum T =$	-375,10 -375,00	+0,16 0,00	-375,00 -375,00	0,00 0,00		
						$f_x = -0,10$ м	$f_y = +0,16$ м				

$$\sum \beta_n = 540^\circ 01,5' \quad \sum \beta_{испр} = 540^\circ 00,0' \quad \sum d = 806,28 \approx 806 \quad \sum \beta_T = 540^\circ 00,0'$$

$$f_B = +1,5' \quad f_{B \text{ доп.}} = 1' \sqrt{n} = \pm 2,3' \quad f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,18 \text{ м} \quad f_{омс} = \frac{f_{abc}}{\sum d} = \frac{0,18}{806} \approx \frac{1}{4500} < \frac{1}{2000}$$

Вычисление приращений координат точек (прямая геодезическая задача)

Приращения координат Δx и Δy – это проекции горизонтального проложения d на ось абсцис (x) и на ось ординат (y), (рис. 2.3):

$$\Delta x = d \cdot \cos r, \quad (2.9)$$

$$\Delta y = d \cdot \sin r,$$

где d – горизонтальное проложение (графа 6, таблица 2.3);

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

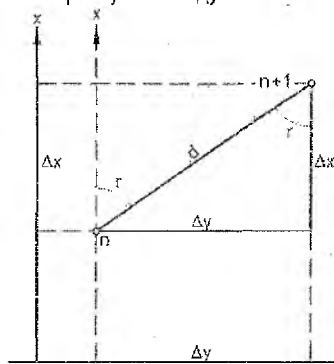


Рисунок 2.3 – Прямая геодезическая задача

Перед вычислением приращений необходимо определить румбы линий, которые вычисляются по дирекционным углам по формулам таблицы 2.4.

Перед численным значением румба обязательно указывают наименование направления.

Например: $r = \text{СВ}; 80^\circ 37,3'$. Вычислив румбы, их значения записывают в таблицу 2.3 (графа 4).

Вычисленные по формулам (2.9) приращения Δx и Δy записываем в графы 7 и 8 таблицы 2.3, предварительно поставив знаки и округлив до 0,01 м.

Таблица 2.4 – Вычисление румбов. Знаки приращений координат

Четверти	Знаки приращений		Значения α	Формулы вычисления румбов	Формулы для вычисления дирекционных углов
	Δx	Δy			
1	2	3	4	5	6
СВ	+	+	$0^\circ - 90^\circ$	$r = \alpha$	$\alpha = r$
ЮВ	-	+	$0^\circ - 180^\circ$	$r = 180^\circ - \alpha$	$\alpha = 180^\circ - r$
ЮЗ	-	-	$0^\circ - 270^\circ$	$r = \alpha - 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ + r$
СЗ	+	-	$0^\circ - 360^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$	$\alpha = 360^\circ - r$

Затем подсчитывают алгебраические (практические) суммы приращений координат: для Δx_n их записывают в графе 7 под чертой и для Δy_n – в графе 8. Из-за неизбежности случайных погрешностей линейных измерений приращения координат также содержат погрешности по осям X и Y , и их алгебраическая сумма отличается от теоретической.

Теоретическую сумму приращений вычисляют по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \sum \Delta X_T &= X_K - X_N; \\ \sum \Delta Y_T &= Y_K - Y_N. \end{aligned} \quad (2.10)$$

где X_n, Y_n, X_k, Y_k – координаты начальной и конечной точек, т.е. точек I и II.

Невязку в приращениях координат вычисляют по следующим формулам:

$$f_x = \sum \Delta X_n - \sum \Delta X_T; \quad f_y = \sum \Delta Y_n - \sum \Delta Y_T. \quad (2.11)$$

В нашем примере: $f_x = -0,10$ м, $f_y = +0,16$ м.

Абсолютная невязка $f_{абс}$ теодолитного хода представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами, равными f_x и f_y , т.е.

$$f_{абс} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (2.12)$$

Допустимость этой невязки определяется относительной невязкой $f_{\text{отн}}$, которая не должна превышать для теодолитного хода $1/2000$, т.е.

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d} \leq \frac{1}{2000}, \quad (2.13)$$

где $\sum d$ – длина хода.

Полученная относительная невязка в разбираемом примере меньше $1/2000$. Это означает, что измерения были сделаны с достаточной точностью и вычисления не содержат грубых ошибок. Невязки f_x и f_y необходимо распределить в виде поправок v_x и v_y соответственно во все приращения координат Δx и Δy (округлив до $0,01$ м):

$$v_x = \frac{-f_x}{\sum d} \cdot d_i, \quad v_y = \frac{-f_y}{\sum d} \cdot d_i. \quad (2.14)$$

Распределяют поправки с учетом следующих правил:

1. Величины поправок должны быть прямо пропорциональны величинам горизонтального проложения.

2. Поправки должны иметь знак, обратный знаку невязки.

3. Абсолютная сумма поправок должна равняться невязке:

$$\sum v_x = -f_x, \quad \sum v_y = -f_y. \quad (2.15)$$

Поправки записывают в графы 7 и 8 сверху, суммируют алгебраически каждую поправку с соответствующим приращением.

Контроль вычислений: сумма исправленных приращений должна равняться теоретической, то есть

$$\sum \Delta X_T = X_K - X_H; \quad \sum \Delta Y_T = Y_K - Y_H. \quad (2.16)$$

Координаты точек вычисляют последовательным алгебраическим сложением предыдущих координат и исправленных приращений (см. табл. 2.3 графы 11, 12).

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{испр}}; \quad Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{испр}}. \quad (2.17)$$

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

3. Обработка результатов тахеометрической съемки

Обработку результатов тахеометрической съемки выполняют в журнале (табл. 2.5), в котором результаты съемки в графах 1-5 являются общими для всех вариантов. Отметку п.п. 1 (станции), с которой выполнена съемка, необходимо выписать из таблицы 2.2.

Тахеометрическая съемка выполнена теодолитом 2Т30. 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.

Отсчет по вертикальному кругу определяется с учетом места нуля вертикального круга (сокращенно – М0).

Место нуля вычисляют по формуле:

$$M0 = \frac{KЛ + КП}{2}. \quad (2.18)$$

Эти отсчеты для всех вариантов одинаковы:

КЛ = $2^{\circ}12'$ и КП = $-2^{\circ}10'$.

Таблица 2.5 – Журнал тахеометрической съемки

Станция № п.п. I $i = 1,59$ м $H_{ст. I} = 208,80$ $MO = +0^{\circ}01'$ $KП = 2^{\circ}12'$											
Ориентирование на п.п. II $KП = -2^{\circ}10'$											
Наименование реечных точек	Высота наведения u , м	Дальномерное расстояние D , м	Отсчеты (КП)		Угол наклона $v = BK-MO$	Горизонтальное проложение $d = D \cdot \cos^2 v$, м	$h' = 1/2(D \cdot \sin 2v)$, м	$i - u$, м	$h = h' + i - u$, м	Отметки $H_{р.т.} = H_{ст. I} + h$, м	
			Горизонтальный круг	Вертикальный круг ВК							
Дор А	1,59	54,6	27°50'	-1°36'	-1°37'	54,66	-1,54	0,00	-1,54	207,26	
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°40'	-0°40'							
7	1,59	125,0	42°30'	-1°39'							
8	1,59	106,0	57°10'	-1°51'							

Так как тахеометрическая съемка всегда выполняется при круге «лево», то углы наклона (таблица 2.5 графа 6) вычисляют по формуле:

$$V = КП - MO, \quad (2.19)$$

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

Отметки реечных точек (пикетов) вычисляют по формуле (1.12) и заносят в графу 11 таблицы 2.5.

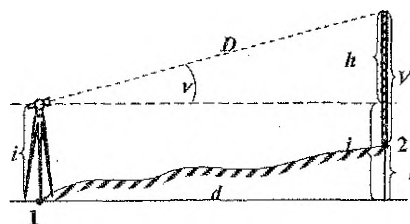


Рисунок 2.5 – Тригонометрическое нивелирование

$$H_{р.т.} = H_{ст. I} + h, \quad (2.20)$$

где $H_{ст. I}$ – отметка точки, с которой производилась съемка (выбирается из табл. 2.1); h – превышение между станцией и реечной точкой, которое вычисляют по формуле тригонометрического нивелирования:

$$h = h' + i - u, \quad (2.21)$$

$$h' = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2v, \quad (2.22)$$

$$d = D \cdot \cos^2 v, \quad (2.23)$$

здесь h' – неполное превышение, i – высота инструмента (для всех вариантов $i = 1,59$ м); D – дальномерное расстояние от станции до реечной точки; v – вертикальный угол, вычисленный по формуле (2.19); u – высота наведения – отсчет по средней горизонтальной нити рейки (графа 2, таблица 2.5).

Следует помнить, что знаки неполного превышения h' (графа 8) и знак угла наклона v (графа 6) одинаковы. Высота визирования u , как правило, равна высоте инструмента i . Но если есть препятствие, то наводят на любой видимый отсчет по рейке.

Кроме журнала тахеометрической съемки (табл. 2.5), в методических указаниях приводится выписка из тахеометрических журналов (табл. 2.6) для остальных точек (станций) с вычисленными значениями d и h до реечных точек.

В графу 5 таблицы 2.6 нужно записать отметки станций из таблицы 2.1 (графа 8) и вычислить высоты реечных точек (графа 6) самостоятельно.

Таблица 2.6 – Выписка из тахеометрического журнала

№№ точек	Отсчеты по гориз. кругу	Горизонтальные проложения d, м	Превышения h, м	Отметки	
				станций, м	реечных точек, м
1	2	3	4	5	6
Станция 3					
п.п.1	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		
1	2	3	4	5	6
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		
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		

Задание 2. Построение топографического плана

Исходными данными для построения плана местности являются: вычисленные координаты точек теодолитного хода, исходные координаты п.п. I и п.п. II (табл. 2.3), журнал и выписка из журнала тахеометрической съемки (табл. 2.5 и табл. 2.6), а также абрис теодолитной и тахеометрической съемки (рис. 2.4). Топографический план строится на листе формата А2 (А3) в масштабе 1:2000, высота сечения рельефа 1 м.

Порядок выполнения задания 2:

Построить и оцифровать координатную сетку. На листе чертёжной бумаги формата А-2 (А3) вычерчиваем координатную сетку со стороной квадрата 10 см (10x10 см.). Последовательность построения координатной сетки показана на рис 2.6. Все построения выполняем остро заточенным твердым карандашом (2Т). С помощью длинной линейки на листе проводим диагонали, соединяющие углы листа. От точки пересечения диагоналей откладываем равные отрезки с таким расчетом, чтобы до нижней кромки листа было расстояние ≈ 4 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. Контроль правильности построения координатной сетки выполняется сравнением длин диагоналей квадратов (расхождения не должны превышать 0,2 мм).

Выполняют оцифровку координатной сетки, начиная с нижнего левого угла в соответствии с координатами точек теодолитного хода. Для масштаба 1:2000 подписи должны быть кратны 200 м = 0,2 км (рис. 2.4).

Нанести по координатам точки теодолитного хода. Точки теодолитного хода и пункты полигонометрии I, II наносят на план по координатам (табл. 2.3, графа 11 и 12) с помощью измерителя и масштабной линейки.

Пример: необходимо нанести на план точку 1 с координатами $X_1 = 914,17$ м и $Y_1 = 736,96$ м. 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.

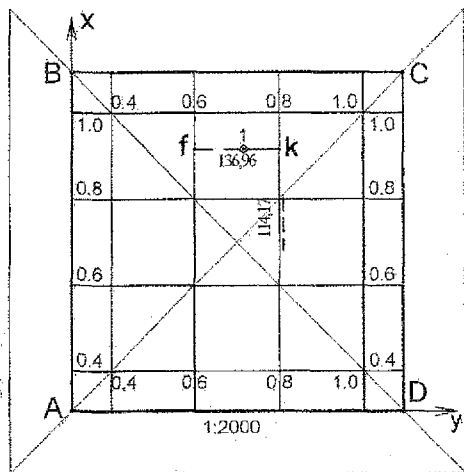


Рисунок 2.6 – Построение координатной сетки

Далее определяем разности Δx и Δy между оцифрованными линиями и координатами точки 1. Точка 1 находится над координатной линией 0,8-0,8 на расстоянии $\Delta x = 914,17 - 800 = 114,17$ 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. 2.6). По линии $f - K$ от точки f откладываем отрезок $\Delta y = 736,96 - 600 = 136,96$ м. Таким образом, получаем точку 1.

Аналогично наносят все точки теодолитного хода и пунктов полигонометрии п.п. I и II. Каждую точку накалывают и обводят кружком диаметром 1,5 мм. Правильность нанесения точек на план контролируют измерением расстояний между ними, сравнивая со значениями в графе 6 (табл. 2.6). Расхождение на плане не должно быть более 0,2 мм.

Нанести на план ситуацию. Пользуясь абрисом (рис. 2.4), наносят на план ситуацию: здание, стройплощадку, дорогу, ЛЭП, контуры растительности (т.е. строят контурный план местности). Для построения углов используют геодезический транспортёр, линейные элементы наносят с помощью измерителя и масштабной линейки.

Нанести на план точки тахеометрической съемки. На контурный план при помощи транспортера и масштабной линейки наносят реечные точки (пикеты). Исходными данными являются: отсчеты по горизонтальному кругу, горизонтальные проложения и вычисленные отметки реечных точек (табл. 2.5 и табл. 2.6). Справа от точек подписывают их отметки.

Построить рельеф горизонталями с высотой сечения рельефа 1 м.

Вариант А. Студенты, последняя цифра шифра которых четная, используют материал тахеометрической съемки, выполненной со станции п.п. I и 3.

Вариант Б. Студенты, последняя цифра шифра которых нечетная, используют результаты съемки со станций 1, 2 и п.п. II

После нанесения реечных точек на план приступают к изображению рельефа горизонталями. Для этого необходимо выполнить по линиям ската соединяющими стрелками (рис. 2.4) **интерполирование**, то есть найти точки, высоты которых кратны 1 м (высоте сечения рельефа). Построение горизонталей существующего рельефа на плане выполняют используя **графическую интерполяцию**, с помощью палетки, представляющей ряд параллельных линий, нанесенных на кальку через равные расстояния (5 или 10 мм). Каждая линия обозначается отметками, кратными высоте сечения рельефа (1 м) Палетку накладывают на линию, например АВ, и поворачивают ее так, чтобы точки с известными отметками заняли положение, соответствующее их отметкам. Затем точки пересечения линии АВ с линиями на кальке, условно имеющими отметки горизонталей, накалывают на план (в нашем случае 32; 33; 34).

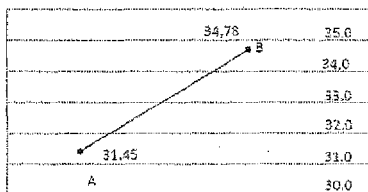


Рисунок 2.7 – Графическая интерполяция

Полученные при интерполировании точки с одинаковыми высотами соединяют плавными линиями (горизонталями) толщиной 0,15 мм, которые не проводят по строительным объектам. Горизонталю с высотами, кратными пяти метрам (5 м), проводят утолщенными (см. рис. 2.9) и подписывают их отметки в разрывах горизонталей. При этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения рельефа.

Оформить топографический план. Топографический план оформляют цветной тушью или гелевыми ручками, в строгом соответствии с требованием условных знаков [10]. Пример оформления топографического плана приведен на рисунке 2.8. В таблице 2.7

приведены условные знаки [10], применяемые для обозначения топографических объектов местности для планов масштаба 1:2000.

Таблица 2.7 – Условные знаки для топографических планов масштаба 1:2000

Номер услов. знака	Название и характеристика топографических объектов	Условные знаки топографических объектов для планов масштабов 1:5000, 1:2000
3 5	а) пункты геодезических сетей сгущения; б) точки плановых съёмочных сетей	а) б)
22 24	а) здания строящиеся; б) отмостки зданий	а) б)
188 114	а) автомобильные дороги с покрытием (шоссе) и их характеристики (внешняя пунктирная линия – цвет зелёный); б) ЛЭП низкого напряжения на деревянных и металлических столбах (на незастроенной территории)	а) б)
	Горизонтالي (цвет коричневый) 1) горизонтали утолщенные (через заданный интервал основного сечения); 2) горизонтали основные	
366	а) контуры растительности, сельскохозяйственных угодий, грунтов и др.; б) пересечения координатных линий (цвет зелёный)	а) б)
384 380	а) участки леса вырубленные (вырубки); б) редколесье угнетенное низкорослое и карликовое	а) б)
395 401	а) кустарники (отдельные группы); б) растительность травяная, луговая (разнотравье)	а) б)

Все подписи отметок речных точек и точек съёмочного обоснования должны быть ориентированы верхом на север.

Внутреннюю рамку плана оформляют линией толщиной 0,1 мм, на расстоянии 12,8 мм от нее проводят наружную рамку толщиной 1,2 мм. Выходы координатной сетки подписывают между внутренней и внешней линиями рамки, указывая значения X и Y в км (высота цифр – 3 мм).

Задание 3. Решение задач по топографическому плану

Задача 1. Найти отметку точки А, расположенную 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

Задача 3. Построить график заложений для уклонов при высоте сечения рельефа 1 м. От точки 3 к реечной 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 $i = 0,02 = 20\%$.

3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа №1. Поверки и юстировки нивелира Н-3

Цель работы: освоить методику проверок и юстировок нивелира.

Проверки нивелира – обследование прибора, устанавливающее, удовлетворяет ли он геометрическим и конструктивным требованиям, соблюдение которых необходимо для приведения линии визирования (визирной оси зрительной трубы) в горизонтальное положение. У нивелиров различают следующие оси (рис. 3.1):

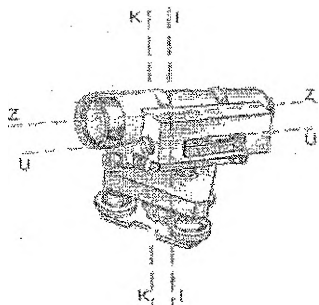


Рисунок 3.1 – Геометрические оси нивелира

- Ось вращения нивелира $K-K$ – воображаемая линия, вокруг которой нивелир вращается в горизонтальной плоскости.
- Визирная ось зрительной трубы $Z-Z$ – воображаемая линия, проходящая через центр объектива и пересечение сетки нитей.
- Ось цилиндрического уровня $U-U$ – воображаемая линия, касательная к нуль-пункту уровня (отсутствует у нивелиров с компенсатором см. рис. 1.9).
- Ось круглого уровня $K-K$ – нормаль к плоскости, касательной к нуль-пункту круглого уровня.

Рассмотрим геометрические условия нивелира:

- 1) ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира;
- 2) одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения нивелира;
- 3) главное условие: ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы либо для нивелиров с компенсатором – визирная ось должна быть горизонтальна.

Проверки выполняют соблюдая последовательность: 1 – круглого уровня, 2 – сетки нитей, 3 – главное условие.

Рассмотрим выполнение проверки «главное условие нивелира». **Ось цилиндрического уровня нивелира Н-3 должна быть параллельна визирной оси.**

1-й способ «Двойное нивелирование вперед». Для этого на ровной местности на расстоянии примерно 50-75 м друг от друга забивают колышки, на которые устанавливают нивелирные рейки (рис. 3.2).

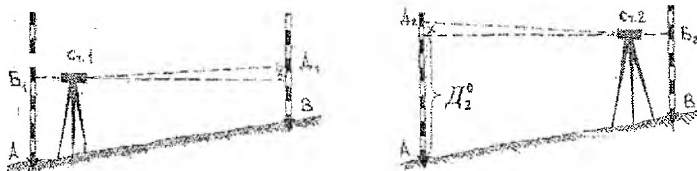


Рисунок 3.2 – Схема проверки главного условия нивелира (1 способ)

Нивелир вначале устанавливают вблизи (6-8 м) одной рейки и берут отсчеты по ближней рейке Б₁ и дальней Д₁. Затем вблизи другой рейки берут отсчеты по ближней рейке Б₂ и дальней Д₂. Используя снятые отсчеты, вычисляют погрешность X, которая не должна превышать 5 мм на 100 м. Результаты поверки главного условия оформляют в виде таблицы 3.1.

При несоблюдении главного условия дальние отсчеты будут содержать одинаковую погрешность x, которую вычисляют по формуле

$$X = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (3.1)$$

Таблица 3.1 – Результаты выполнения поверки главного условия нивелира

№ станции	№№ точек визирн.	Наименование отсчетов	Отсчеты по рейкам, мм		Контроль (разность нулей пятков)
			Черная сторона	Красная сторона	
1	2	3	4	5	6
1	А	Б ₁	1736 (1)	6521 (2)	4785 (3)
	В	Д ₁	1394 (4)	6177 (5)	4783 (6)
2	В	Б ₂	1866 (7)	6648 (8)	4782 (9)
	А	Д ₂	2197 (10)	6981(11)	4784 (12)

Величина X вычисляется дважды по «красным» и «черным» отсчетам, используя формулу 3.1:

$$X_{\text{ч}} = \frac{1394 + 2197}{2} - \frac{1736 + 1866}{2} = -5,5 \text{ мм}; \quad X_{\text{к}} = \frac{6177 + 6981}{2} - \frac{6521 + 6648}{2} = -5,5 \text{ мм}.$$

За окончательное значение принимается среднее значение $X_{\text{ср}} = -5,5 \text{ мм} \approx -6 \text{ мм}$.

Правильный отсчет по черной стороне на дальнюю рейку, свободный от погрешности X, вызванной несоблюдением главного условия, вычисляется по формуле:

$$D_2^0 = D_2 - X, \quad (3.2)$$

Если не соблюдается главное условие нивелира, то выполняют юстировку цилиндрического уровня.

Для нивелира Н-3 юстировку цилиндрического уровня выполняют в следующем порядке. Элевационным винтом совмещают горизонтальную среднюю нить сетки с вычисленным по формуле (3.2) правильным отсчетом, например: $D_2^0 = 2197 - (-6) = 2203 \text{ мм}$ (по данным табл. 3.1). При этом пузырек цилиндрического уровня сместится с нуля-пункта. Вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня, используя специальную шпильку, приводят пузырек в нуль-пункт. После исправления поверку повторяют.

2-й способ: «Комбинация нивелирования из середины и вперед». На кольшкы, закрепляющие линию АВ длиной 50-75 м, устанавливают нивелирные рейки, а точно посередине между рейками – нивелир (рис. 3.2, а). После приведения нивелира в рабочее положение берутся отсчеты «а₀» и «б₀» по рейкам. В превышениях будет исключено влияние х – несоблюдения главного условия нивелира. Превышение:

$$h_0 = (a_0 + x) - (b_0 + x) = a_0 - b_0. \quad (3.3)$$

Затем нивелир устанавливают вблизи одной из реек (рис. 3.3, б), например вблизи рейки В, и опять берут отсчеты по рейкам «а₁» и «б₁» и вычисляют превышение. Это превышение включает значение х, т.е.

$$h + X = a_1 - b_1, \quad (3.4)$$

следовательно, величину X можно подсчитать по формуле:

$$X = h - h_0. \quad (3.5)$$

Если не соблюдается главное условие нивелира, то вычисляют правильный отсчёт

$$a = a_1 - X \quad (3.6)$$

и выполняют юстировку цилиндрического уровня.

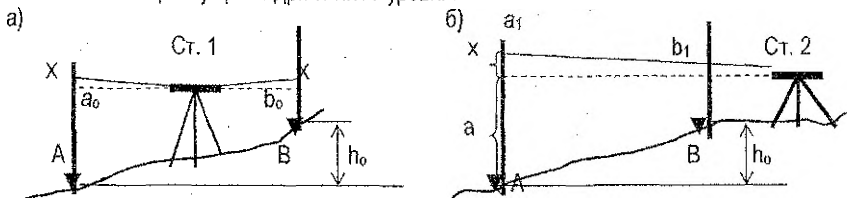


Рисунок 3.3 – Схема проверки главного условия нивелира (2 способа)

Лабораторная работа №2. Проверки и юстировка теодолита 2Т30. Угловые измерения

Одним из видов геодезических работ являются угловые измерения, которые обычно выполняются с помощью угломерных приборов – теодолитов, обеспечивающих измерений вертикальных и горизонтальных углов с точностью порядка $1'' \dots 60''$.

Взаимное расположение осей теодолита должно соответствовать геометрическим условиям, вытекающим из принципа измерения горизонтальных углов.

К теодолиту предъявляются следующие требования:

- ось цилиндрического уровня U-U должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита I-I;
- одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения теодолита I-I;
- ось вращения зрительной трубы V-V должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита I-I;
- визирная ось трубы Z-Z должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы V-V;
- место нуля (МО) вертикального круга должно быть постоянным и близким к нулю.

Выполнение перечисленных геометрических условий контролируют в процессе проверок теодолита.

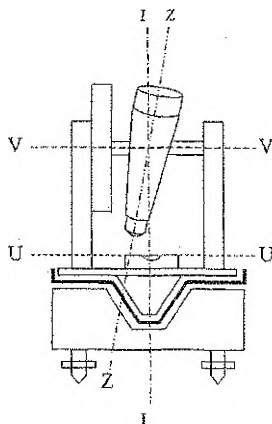
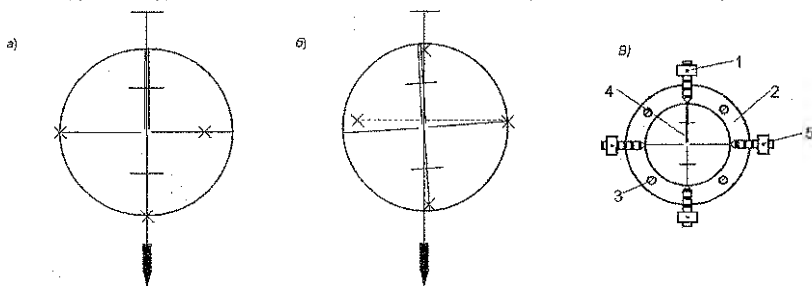


Рисунок 3.4 – Схема осей теодолита

1. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита. Поворотом верхней алидадной части теодолита уровень устанавливается по направлению двух подъемных винтов и вращением этих винтов в разные стороны приводят пузырек уровня на середину (в нуль-пункт). Затем поворотом на 90° устанавливают уровень по направлению третьего винта и вращением этого винта приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Далее поворачивают алидаду вокруг вертикальной оси еще на 90° ; и если пузырек уровня остался на середине, то условие выполнено (допустимое отклонение – 1 деление уровня). В противном случае, необходимо еще раз повторить все действия, т.е. приведение прибора в рабочее положение по цилиндрическому уровню выполняют последовательными приближениями. Если не удастся вывести пузырек уровня в нуль-пункт, то выполняют юстировку исправительными винтами уровня: перемещают пузырек уровня к середине на половину дуги отклонения, а на оставшуюся часть – двумя подъемными винтами. Затем проверку повторяют.

2. Одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения теодолита. Вертикальную нить сетки нитей проверяют по отвесу или по точке. Проконтролируем вертикальную нить (рис. 3.5, а, б) по отвесу. Устанавливают теодолит в рабочее положение по цилиндрическому уровню, на расстоянии 10-15 м от прибора вешают отвес. Наводят вертикальную нить сетки на нитку отвеса. Если они совпадают по всей длине (рис. 3.5, а), то условие выполнено (допуском служит двойной бисектор сетки нитей).

Юстировка. Положение сетки нитей 4 (рис. 3.5, в) исправляют поворотом диафрагмы 2 с сеткой вокруг визирной оси трубы после ослабления винтов 3 крепления окулярного колена до совпадения нитей отвеса и сетки. После исправления винты закрепляют.



а) условие выполняется, б) условие не выполняется; в) юстировка сетки нитей
Рисунок 3.5 – Схема проверки сетки нитей

3. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита (юстировка выполняется в мастерской).

4. Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы. Невыполнение этого условия приводит к погрешности в отсчете по лимбу теодолита, которая называется *коллимационной погрешностью С*.

Коллимационную погрешность определяют путем визирования на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ).

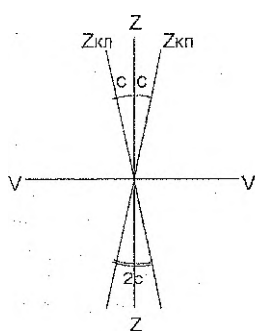


Рисунок 3.6 – Коллимационная погрешность

Приводят теодолит в рабочее положение. Закрепляют лимб и, работая винтами алидады и зрительной трубы, наводят визирную ось на удаленную точку при одном положении вертикального круга и берут отсчет по горизонтальному кругу. Наводят зрительную трубу на ту же точку при другом положении вертикального круга и берут отсчет по горизонтальному кругу.

Коллимационную погрешность вычисляют по формуле:

$$C = \frac{1}{2} (КЛ - КП \pm 180^\circ), \quad (3.7)$$

где КП и КЛ – отсчеты по горизонтальному кругу теодолита при соответствующем положении вертикального круга. Правильность определения коллимационной погрешности проверяют повторными наблюдениями. Отсчеты записывают в журнал (табл. 2.2).

где КП и КЛ – отсчеты по горизонтальному кругу теодолита при соответствующем положении вертикального круга. Правильность определения коллимационной погрешности проверяют повторными наблюдениями. Отсчеты записывают в журнал (табл. 2.2).

Величина коллимационной погрешности не должна превышать двойной точности измерения горизонтального угла одним полным приемом, т.е. если полученное значение $|C| \leq 1'$ для теодолита Т30 или 2Т30, то условие считается выполненным.

Таблица 3.2 – Определение коллимационной погрешности

№ станции	№№ точек визирования	Положение круга	Отсчёт по горизонт. кругу	2С С	Правильный отсчёт	Примечание	
5	2	КП	27° 21'	-6'		До исправления	
	2	КЛ	207° 27'	-3'			
5	6	КЛ	226° 55'	-5'			
	6	КП	46° 50'	-2,5'	46° 52,5'		
5	6	КП	46° 52'	-1'			После исправления
	6	КЛ	226° 53'	-0,5'			

Исправление коллимационной погрешности выполняют следующим образом:

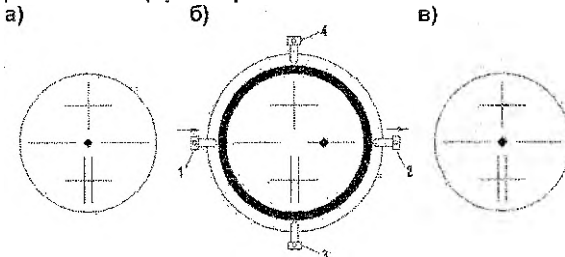
1) наводящим винтом алидады устанавливают на лимбе правильный отсчет для последнего измерения, вычисленный по формуле:

$$N = \frac{1}{2} (КП + КЛ \pm 180^\circ), \quad (3.8)$$

При этом алидада повернется на угол, равный коллимационной погрешности С, а изображение точки в поле зрения трубы сместится с пересечения нитей (рис. 3.7, б)

2) действуя боковыми исправительными винтами сетки нитей 1 и 2 (рис. 3.7, б) сетки, последнюю перемещают до совмещения пересечения нитей с изображением точки (рис. 3.6, в).

3) после исправления поверку повторяют.



а) до установки правильного отсчета; б) после установки правильного отсчета; в) после исправления коллимационной погрешности

Рисунок 3.7 – Порядок исправления коллимационной погрешности

Перед измерением горизонтального угла теодолит центрируют над точкой (вершиной угла), приводят его в рабочее положение, а трубу устанавливают для наблюдений:

а) центрирование – установка центра горизонтального круга над вершиной измеряемого угла. Выполняется с помощью нитяного отвеса или оптического центрира перемещением ножек штатива с последующим передвижением прибора на головке штатива. Погрешность центрирования зависит от требуемой точности выполняемых работ и не должна превышать 5 мм при измерении горизонтальных углов;

б) горизонтирование подставки – приведение плоскости лимба горизонтального круга в горизонтальное положение, т.е. установка оси вращения теодолита в отвесное положение подъемными винтами, используя цилиндрический уровень;

в) при установке трубы для наблюдений необходимо:

а) добиться четкого изображения сетки нитей вращением диоптрийного кольца; б) навести трубу приближенно на визирную цель при помощи оптического визира; в) вращением кремальеры – четкого изображения наблюдаемого предмета.

Способ приёмов. Полный прием состоит из двух полуприёмов, т.е. угол измеряется при двух положениях вертикального круга теодолита (КЛ и КП). Теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла, точке В.

- Первый полуприём начинают, например, при КЛ. При **закреплённом лимбе** наводят трубу на правую точку А (см. схему в таблице 3.2), берут отсчёт и записывают его в журнал.

- Наводят зрительную трубу на точку С и берут отсчёт. Угол β_1 , полученный при КЛ, вычисляется как разность отсчетов по горизонтальному кругу по формуле

$$\beta_1 = A - C. \quad (3.9)$$

Перед вторым полуприёмом смещают лимб на несколько градусов (2-3°) и закрепляют его. Эти действия позволяют обнаружить возможные грубые ошибки при отсчитывании по лимбу и уменьшить инструментальные погрешности. Переводят трубу через зенит и при КП визируют на точки С и А и соответственно берут отсчёты по горизонтальному кругу и вычисляют значение угла из второго полуприема. Результаты измерений записывают в специальный журнал (табл. 3.3).

Внимание: если отсчёт на правую точку меньше отсчёта на левую, к нему прибавляют 360°.

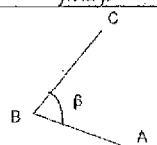
При измерении горизонтальных углов в теодолитных ходах расхождение значений угла из двух полуприёмов не должно превышать $|\beta_1 - \beta_2| \leq 2t \leq 1'$.

При выполнении этого условия, из двух значений угла вычисляют среднее значение

$$B = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}, \quad (3.10)$$

которое принимают за окончательное значение измеренного угла.

Таблица 3.3 – Журнал измерения горизонтальных углов

Схема измеряемого угла β	вершина угла	Круг	№ точки наблюдения	Отсчеты по горизонтальному кругу	Горизонтальный угол		
					измеренный	средний	
	В	КЛ	А	185° 58'	60° 58'	60° 58,5'	
			С	125° 00'			
		Перестановка лимба на 2-3°					
		КП	А	8° 38'	60° 59'		
С	307° 39'						

Измерение вертикальных углов. Вертикальные углы – углы, лежащие в вертикальной плоскости, измеряются при помощи вертикально расположенного круга с градусными делениями. **Вертикальный угол, отсчитанный от горизонтальной линии, называется углом наклона ν .** Он считается положительным ($+\nu$), если направление визирования выше горизонта, и отрицательным ($-\nu$), если ниже. Вертикальный угол, отсчитанный от зенитного направления, называется зенитным расстоянием (углы Z_1 и Z_2).

Рассмотрим измерение углов наклона техническими теодолитами. Лимб вертикального круга теодолита неподвижно скреплён с осью вращения зрительной трубы и вращается вместе с ней, а отсчётный индекс остаётся неподвижным при любом положении зрительной трубы.

Местом нуля (МО) вертикального круга называют отсчёт по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы теодолита.

Вертикальный круг теодолита 2Т30 разделен на четыре прямоугольных сектора диаметрами $+0^\circ - 0^\circ$ и $+90^\circ - 90^\circ$, скреплён со зрительной трубой по диаметру $+90^\circ - 90^\circ$ и оцифрован в обе стороны от 0° до 75° . Против хода часовой стрелки подписаны положи-

тельные значения, а по ходу часовой стрелки – отрицательные. Угол наклона и место нуля вертикального круга для теодолита 2Т30 и последующих модификаций вычисляется по формулам:

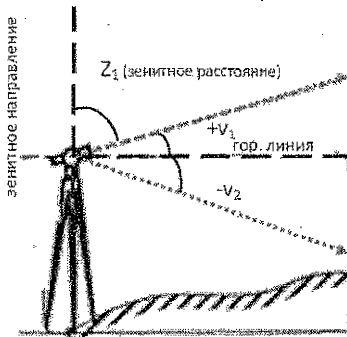


Рисунок 3.8 – Измерение вертикальных углов

$$MO = \frac{КЛ + КП}{2}, \quad (3.11)$$

$$v = КЛ - MO, \quad (3.12)$$

$$v = MO - КП, \quad (3.13)$$

$$v = \frac{КЛ - КП}{2}. \quad (3.14)$$

Следовательно, для определения величины MO нужно на одну и ту же точку навести зрительную трубу при $КЛ$ и $КП$, взять отсчёты по вертикальному кругу, и вычислить MO по формуле (3.11).

Таблица 3.4 – Определение MO и вертикальных углов

Теодолит	№ станции	№ точек визирования	Круг	Отсчёты	Место нуля MO	Угол наклона v
1	2	3				
2Т30	2	8	КЛ	3° 19'	-2,5'	3° 21,5'
		8	КП	-3° 24'		
		9	КЛ	6° 41'	-3,0'	6° 44,0'
		9	КП	-6° 47'		

Для удобства вычисления углов наклона можно значение MO свести к нулю. Чтобы у теодолита установить MO , равное нулю, вычисляют правильный отсчет по вертикальному кругу, считая, что $MO = 0^\circ$. Для теодолитов 2Т30 и последующих модификаций:

$$КЛ = + v; \quad КП = - v.$$

Далее вращением наводящего винта зрительной трубы устанавливают вычисленный отсчёт по вертикальному кругу, вследствие чего пересечение сетки сместится с точки в вертикальной плоскости. Работая вертикальными винтами сетки, совмещают центр сетки нитей с изображением точки.

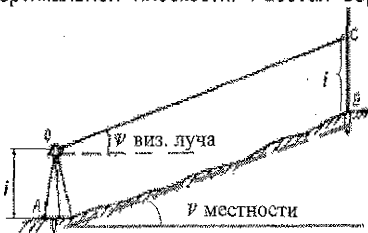


Рисунок 3.9 – Измерение угла наклона на местности

Для измерения вертикального угла местности необходимо измерить высоту теодолита i и навести зрительную трубу на рейку, установленную в определяемой точке, как показано на рис. 3.9, и взять отсчёты по вертикальному кругу при $КЛ$ и $КП$.

Контролем качества при измерении вертикальных углов является постоянство значения места нуля.

Лабораторная работа №3

Подготовка геодезических данных для выноса на местность оси проектного сооружения графоаналитическим способом.

Вынесением проекта сооружения на местность называют геодезические работы, которые выполняются для закрепления на местности точек осей, определяющих местопо-

ложение всего сооружения, а также его частей и элементов. Разбивочные работы (разбивка) – вид геодезических построений для определения на местности положения характерных точек и осей запроектированного сооружения в плане и по высоте.

Разбивка выполняется в соответствии с генеральным планом и рабочими чертежами сооружения и должна обеспечить полное соответствие проектируемого сооружения на местности.

В комплекс геодезических работ, обеспечивающих вынесение оси сооружения на местность, входят:

- 1) создание геодезической разбивочной основы в виде линейно углового хода, специальной сети триангуляции, строительной сетки;
- 2) геодезическая подготовка данных для разбивочных работ (решение обратной геодезической задачи);
- 3) разбивочные работы, построение на местности горизонтальных углов и горизонтальных проложений (расстояний).

Перенос проекта в натуру выполняется по разбивочному чертежу, на котором показаны все необходимые геодезические данные (разбивочные элементы – горизонтальные углы, расстояния).

Если специального разбивочного чертежа в проекте нет, то он должен быть составлен по данным генплана и рабочих чертежей. Составление разбивочного чертежа должно осуществляться, как правило, на основе аналитического или графоаналитического расчета.

Основными способами разбивки сооружений являются: способ полярных координат, способ прямой угловой засечки, способ прямоугольных координат, способ линейной засечки и способ створной засечки. Выбор того или иного способа зависит от расположения разбивочной основы, от формы и размеров объекта строительства, от возможности угловых и линейных измерений и т.д.

Способ полярных координат применяется, если сооружение находится вблизи геодезической разбивочной сети и окружающая его местность удобна для производства линейных измерений.

Положение точки А на местности определяют, установив теодолит на точке 1 и отложив от направления 1-2 угол β , а от точки 1 – расстояние d_{1A} (рис. 3.10). Разбивочными элементами для данного способа являются угол β и расстояние d_{1A} .

На рис. 3.10 А – проектная точка,

1, 2 – точки исходной разбивочной основы.

Координаты проектной точки снимают графически с плана или получают аналитически.

В приведенном примере (рис. 3.11 и таблица 3.5.) координаты точек разбивочной основы 1 и 2 известны:

$$X_1 = 19,73 \text{ м}; \quad Y_1 = 630,36 \text{ м}; \quad X_2 = 173,84 \text{ м}; \quad Y_2 = 454,98 \text{ м}. \quad \alpha_{1-2} = 311^\circ 18,0'$$

координаты проектных точек А и В:

$$X_A = 90,20 \text{ м}; \quad Y_A = 607,16 \text{ м}; \quad X_B = 68,64 \text{ м}; \quad Y_B = 483,33 \text{ м}.$$

Составляют вспомогательный чертеж, поясняющий схему определения разбивочных элементов (углов и расстояний) полярным способом от линии разбивочной основы рис. 3.10.

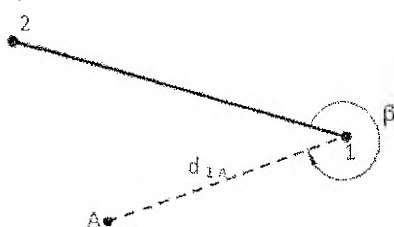


Рисунок 3.10 – Способ полярных координат

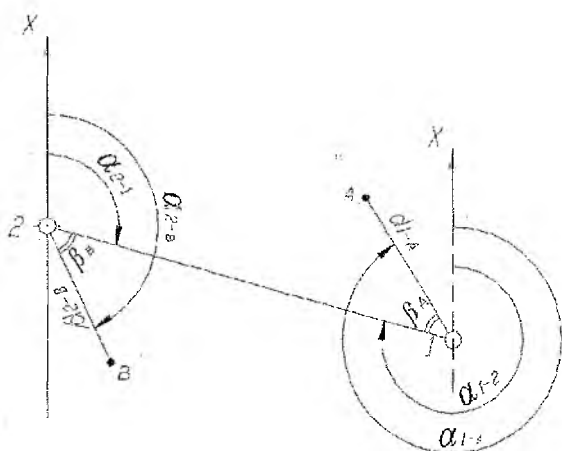


Рисунок 3.11 – Вспомогательный чертёж

В полярном способе положение проектных точек А и В определяют через углы β_A и β_B от линии разбивочной основы 1-2, которые вычисляются через дирекционные углы линий 1-2, 1-В, 2-А, 2-1 и расстояния $d_{1-В}$, $d_{2-А}$.

Согласно рис. 3.10 записываем формулы для вычисления разбивочных углов полярным способом

$$\beta_A = \alpha_{1-В} - \alpha_{1-2} \quad (3.15)$$

$$\beta_B = \alpha_{2-А} - \alpha_{2-1}$$

В табл. 3.5 в графе «Формулы и обозначения» и формулах 3.16-3.18: Т – точка разбивочной основы (устанавливается теодолит), П – проектная (выносимая) точка оси сооружения.

По формулам обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы и расстояния для направления от точки разбивочной основы (Т) до проектной точки (П).

Для этого сначала необходимо вычислить приращения координат между этими точками

$$\Delta X_{Т-П} = X_{П} - X_{Т}; \quad \Delta Y_{Т-П} = Y_{П} - Y_{Т}, \quad (3.16)$$

а затем угловые значения румба $r_{Т-П}$ и линейные $d_{Т-П}$ элементы

$$\operatorname{tg} r_{Т-П} = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\Delta X_{Т-П}}, \quad r_{Т-П} = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\Delta X_{Т-П}}, \quad (3.17)$$

$$d_{Т-П} = \frac{\Delta X_{Т-П}}{\cos r_{Т-П}}, \quad d_{Т-П} = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\sin r_{Т-П}}. \quad (3.18)$$

Значения $\operatorname{tg} r$, $\cos r$, $\sin r$ должны быть определены не менее 6 знаков после запятой (0,329218). Правильность вычисления значения румба контролируется по формуле 3.18, расхождение найденного расстояния $d_{Т-П}$ через $\cos r_{Т-П}$ и $\sin r_{Т-П}$ не должно быть более 0,03 м.

Определить направление (четверть) румба можно по знакам приращений координат ΔX и ΔY . По румбам находят дирекционный угол направления Т-П (табл. 2.4.).

Вычисления по формулам обратной геодезической задачи выполняем в таблице 3.4

Таблица 3.5 – Расчет данных для разбивочных элементов

№ п.п.	Формулы и обозначения	Направления Т-П	
		1-А	2-В
	1	2	3
1	Y_{II}	607,16	483,33
2	Y_T	630,36	630,36
3	$\Delta Y_{T-II} = Y_{II} - Y_T;$	-23,20	+28,35
4	X_{II}	90,20	68,64
5	X_T	19,73	173,84
	1	2	3
6	$\Delta X_{T-II} = X_{II} - X_T;$	+70,47	-105,20
7	$tg r_{T-II} = \frac{\Delta Y_{T-II}}{\Delta X_{T-II}};$	-0,329218	-0,269487
8	$r_{T-II} = \arctg \frac{\Delta Y_{T-II}}{\Delta X_{T-II}};$	СЗ:18°13',3	ЮВ:15°04',9
9	α_{T-II}	341°46',7	164°55',1
10	$\sin r_{T-II}$	0,312694	0,260196
11	$\cos r_{T-II}$	0,949854	0,965556
12	$d_{T-II} = \frac{\Delta Y_{T-II}}{\sin r}$	74,20	108,96
13	$d_{T-II} = \frac{\Delta X_{T-II}}{\cos r}$	74,19	108,95

Для вычисления значений разбивочных углов воспользуемся формулами 3.13 и значениями дирекционных углов таблицы 3.4:

$$\beta_a = 341^\circ 46,7' - 311^\circ 18,0' = 30^\circ 28,7'; \quad \beta_b = 164^\circ 55,1' - 131^\circ 18,0' = 33^\circ 37,1'.$$

Составляют разбивочный чертеж в масштабе на отдельном листе формата А-4 так, чтобы весь числовой и графический материал читался без затруднений.

Разбивочный чертеж выноса на местность оси здания

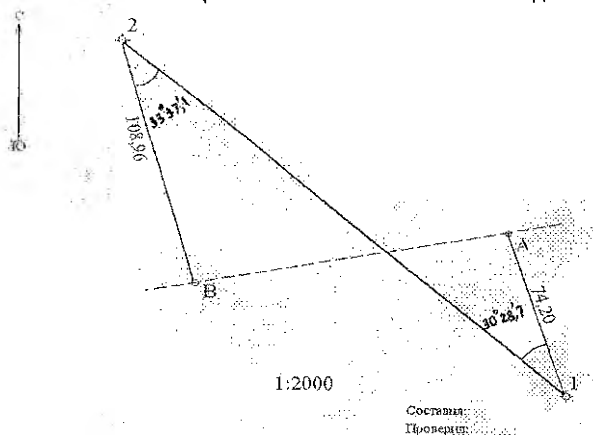


Рисунок 3.12 – Пример разбивочного чертежа

Для ориентирования разбивочного чертежа при его составлении указывают направление север-юг. На чертеже показывают линии разбивочной основы, от которых выносятся проектные точки А и В и выписывают числовые значения разбивочных элементов. На разбивочном чертеже должны быть подписи лиц, составивших и проверивших чертеж. Координаты точек разбивочной основы и координаты проектных точек также могут быть представлены на разбивочном чертеже в виде отдельной таблицы.

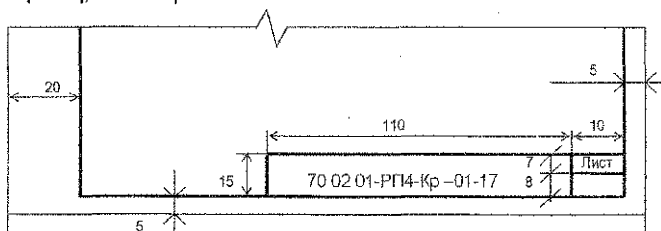
4. Требования к оформлению контрольных работ

Согласно [11], оформление контрольной работы выполняется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210X297 мм) через 1-1,5 межстрочных интервала. Минимальная высота шрифта при компьютерном наборе не менее 13 пт. Текст размещают, соблюдая следующие размеры полей: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – не менее 15 мм, нижнее – не менее 20 мм. Плотность текста должна быть одинаковой. Оформление работ выполняется чернилами, пастой, гелевой ручкой или тушью чёрного цвета.

Оформление выполняется одним из следующих способов:

- Рукописным с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм;
- Машинописным по ГОСТ 13.1.002;
- С применением печатающих и графических устройств ПЭВМ по ГОСТ 2.004.

На страницах по границам полей располагается линия рамки на расстоянии 20 мм от левой границы листа и 5 мм сверху, снизу и справа. Внизу рамки размещается угловой штамп. Страницы нумеруются арабскими цифрами. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц, но номер на ней не ставят.



70 02 01 – шифр специальности; РП4 – номер группы;

Кр – контрольная работа (порядковый номер работы и вариант – 01-17)

Список литературы

1. Нестеренок, М.С. Инженерная геодезия: учеб. для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 190 с.
2. Подшивалов, В.П., Нестеренок, М.С. Инженерная геодезия / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок. – Минск: Выш. шк., 2011.
3. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
4. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учеб. – 2-е изд., исправл. – М.: Высш. шк., 2004. – 463 с.: ил.
5. Курс инженерной геодезии: учебник для вузов / под ред. В. Е. Новака. – М.: Недра, 1989. – 430 с.
6. Зуева, Л.Ф., Кандыбо С.Н. Геодезические работы при проектировании и строительстве трубопроводов и систем мелиорации: метод. пособ. / Л.Ф. Зуева, С.Н. Кандыбо. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2012. – 72 с.
7. Инженерные изыскания для строительства: СНБ 1.02.01-96. – Мн., 1996.
8. Геодезические работы в строительстве. Правила проведения. – Мн., 2006.
9. ТКП 45 3.03-19-2006(02250). Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-1.03-26-2006 (02250). – Мн., 2006.
10. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:500, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М., 1996.
11. Стандарт университета. Оформление материалов курсовых и дипломных проектов, отчетов по практике. Общие требования и правила оформления: Ст. БГТУ 01-2002 / Сост. Т.Н. Базенков, А.А. Кондратчик, И.И. Обухова. – Брест: БГТУ, 2002. – 46 с.

Учебное издание

Составители:

Кандыбо Светлана Николаевна
Синякина Синякина Наталья Васильевна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

по курсу инженерная геодезия

для студентов специальностей

1-70 03 01 – "Автомобильные дороги" и

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»
заочной формы обучения

Ответственный за выпуск: Кандыбо С.Н.

Редактор: Боровкова Е.А.

Компьютерная верстка: Кармаш Е.Л.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 23.11.2012 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Снегурочка».

Усл. п. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,0. Тираж 70 экз. Заказ № 1254.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Брестский государственный технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.