

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*для выполнения контрольных работ  
по дисциплине «Инженерная геодезия»*

для студентов заочного факультета специальности  
1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство

Брест 2012

УДК 528.4 (075.8)  
ББК 26 1я73

В методических указаниях приведены вопросы по теоретическим темам, исходные данные для выполнения контрольных работ, даны краткие теоретические сведения и на конкретных примерах рассмотрено решение предложенных заданий, рассмотрены примеры графического оформления плана организации рельефа и топографического плана стройплощадки, а также приведены вопросы и образцы типовых задач к экзамену и зачёту.

Издание предназначено для выполнения контрольных работ по дисциплине «Инженерная геодезия» студентами специальности 1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство заочной формы обучения.

Составители: Зуева Л.Ф., к.т.н., доцент  
Синякина Н.В., к.т.н., доцент

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| Указания по оформлению контрольных работ .....                | 3  |
| Теоретические темы и вопросы для самостоятельной работы ..... | 5  |
| Контрольная работа № 1 .....                                  | 11 |
| Контрольная работа № 2 .....                                  | 26 |
| Вопросы и образцы типовых задач к экзамену и зачету .....     | 43 |
| Список литературы .....                                       | 47 |

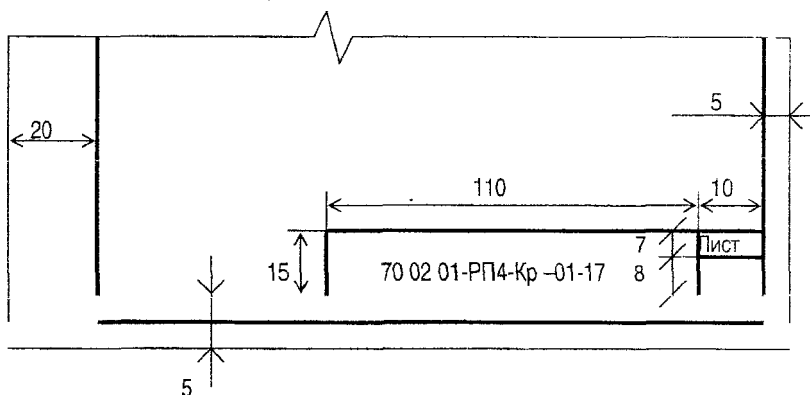
### Указания по оформлению контрольных работ

Согласно [9] оформление контрольной работы выполняется на одной стороне листа белой бумаги формата А-4 (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 чёрного цвета.

Оформление выполняется одним из следующих способов:

- Рукописным с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм;
- 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 включается в общую нумерацию страниц, но номер на ней не ставится.



70 02 01- шифр специальности;

РП4 – номер группы;

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

## Требования по заполнению титульного листа

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций

Допущена к защите  
\_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г

### **Контрольная работа № 1 по инженерной геодезии**

Выполнил ст-т гр. \_\_\_\_\_

шифр \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_

Брест 201\_\_г

## Теоретические темы и вопросы для самостоятельной работы

### Раздел 1. Основы геодезии, инженерно-геодезические изыскания

#### Тема 1. Сведения о фигуре Земли. Применяемые в геодезии системы координат. Ориентирование линий

Основные понятия и сведения о форме и размерах Земли. Физическая и уровенная поверхности. Поверхность земного эллипсоида. Референц-эллипсоид Ф.Н. Красовского. Влияние кривизны Земли при определении расстояний и высот.

Система географических координат. Зональная система плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера. Местная система прямоугольных координат.

Азимуты и дирекционные углы, связь между ними. Сближение меридианов. Румбы. Магнитные азимуты, магнитное склонение.

Литература: [1, с.6-20; 2, с.9-27].

#### Вопросы для самостоятельной работы по теме 1

1. Что называют уровенной поверхностью? Что такое геоид?
2. Какая математическая фигура характеризует форму планеты Земли? Что такое референц-эллипсоид?
3. Охарактеризуйте систему географических координат.
4. Охарактеризуйте систему плоских прямоугольных координат. Назовите свойства проекции Гаусса-Крюгера.
5. Как выбирают местную систему прямоугольных координат и где ее применяют?
6. Что значит ориентировать линию? Перечислите ориентирные углы и укажите, как их можно определить.
7. Что называют географическим (истинным) азимутом и дирекционным углом? Какова связь между ними?
8. Покажите на рисунке зависимость между дирекционными углами и румбами и приведите формулы для перехода от дирекционных углов к румбам.
9. Что называют магнитным азимутом? Как его измерить на местности?
10. Какова связь между магнитным азимутом и дирекционным углом? Как перейти к магнитному азимуту от измеренного на плане или карте дирекционного угла линии?

#### Тема 2. Топографические планы и карты

Понятие о плане и карте. Масштабы: численный, линейный и поперечный. Точность масштаба. Рельеф земной поверхности и его изображение. Система отсчета высот, принятая в Беларуси. Высота сечения рельефа, заложение и уклон. Условные знаки для изображения предметов и контуров местности. Задачи, решаемые по картам и планам: определение координат точек, длин линий, ориентирных углов, площадей, отметок точек и крутизны ската; построение профиля линии местности, линии заданного уклона.

Литература: [1, с.21-35; 2, с.47-67].

#### Вопросы для самостоятельной работы по теме 2

1. Что такое топографический план и топографическая карта? В чем их сходство и различие?
2. Что называется масштабом карты (плана)? Охарактеризуйте численный и именованный масштабы. Что понимают под точностью масштаба?
3. Что называется масштабом карты (плана)? Охарактеризуйте линейный и поперечный масштабы.
4. Какие условные знаки используют при составлении топографических карт?
5. Как на картах и планах изображают рельеф? Что называют горизонталью и высотой сечения рельефа?

6. Абсолютные, условные и относительные высоты. Какая система высот применяется в РФ?
7. Как на карте определить отметку точки, лежащей между горизонталями?
8. Что такое уклон и угол наклона? По каким формулам их определяют и какую размерность они имеют?
9. Как построить продольный профиль по линии местности на карте (плане) и для чего его используют?
10. Какие способы применяют для определения площадей на планах и картах и какова их точность?

### **Тема 3. Угловые измерения**

Принципы измерения горизонтального угла и вертикальных углов. Приборы для измерения углов. Классификация теодолитов. Устройство, поверки и юстировки оптических теодолитов. Отсчётные устройства технических теодолитов. Способы измерения углов. Основные погрешности, влияющие на точность измерения углов, и методы ослабления их влияния.

Литература: [1, с.75-92; 2, с.92-122; 3, с. 22-35].

#### **Вопросы для самостоятельной работы по теме 3**

1. Какие приборы применяют для измерения горизонтальных и вертикальных углов? Классификация теодолитов.
2. Дайте определение и изобразите на рисунках принцип измерения горизонтального и вертикальных углов.
3. Назовите основные оси теодолита и сформулируйте требования к взаимному положению осей.
4. Что такое поверки? Какие поверки необходимо выполнять у технических теодолитов?
5. Покажите на рисунках поле зрения штрихового и шкалового микроскопов теодолитов Т30 и 2Т30. Как снять отсчет по горизонтальному и вертикальному кругу?
6. Какова последовательность работы при подготовке теодолита для наблюдений? Какие погрешности оказывают влияние на результаты измерения углов?
7. Какова последовательность работы при измерении угла наклона теодолитом? Что называется местом нуля (МО) вертикального круга?
8. Изложите сущность способа приёмов (отдельного угла) и охарактеризуйте область его применения.
9. Изложите сущность способа круговых приёмов и охарактеризуйте область его применения.
10. Опишите порядок работы при измерении теодолитом горизонтального угла "от нуля". Где данный способ находит применение?

### **Тема 4. Линейные измерения**

Мерные приборы. Измерение расстояний землемерными лентами и стальными мерными рулетками, введение поправок за компарирование, температуру и наклон. Нитяной дальномер, его теория, применение и точность. Светодальномеры, лазерные рулетки, электронные тахеометры. Определение недоступных расстояний.

Литература: [1, с.42-55, 105-106; 2, с.123-146; 3 с.36-43].

#### **Вопросы для самостоятельной работы по теме 4**

1. Какова последовательность измерения длины линии землемерной лентой и стальной рулеткой?
2. Какие поправки вводят в длину линии, измеренную мерными приборами? Приведите формулы и поясните их.
3. В чём состоит принцип светодальномерных измерений расстояний?
4. Охарактеризуйте лазерные рулетки и их возможности.
5. В чём состоит отражательный и безотражательный режим при измерениях расстояний современной геодезической техникой.

6. Каков принцип измерения расстояний нитяным дальномером? Напишите рабочую формулу для определения расстояний.

7. Как определяют поправку за наклон в расстояние, измеренное стальной рулеткой и нитяным дальномером?

8. Как определяют неприступное расстояние? Охарактеризуйте способ прямой угловой засечки и способ обхода.

9. Охарактеризуйте электронный тахеометр (его составные части) и сферу его применения.

10. Какими прикладными программами оснащены электронные тахеометры?

### **Тема 5. Нивелирование (высотные измерения)**

Способы геометрического нивелирования. Классы геометрического нивелирования. Основные типы нивелиров: оптические, цифровые, лазерные. Устройство и поверки нивелиров. Источники погрешностей при геометрическом нивелировании. Порядок и состав работ при геометрическом нивелировании технической точности, нивелирование связующих и промежуточных точек; контроль измерений.

Тригонометрическое нивелирование. Основные формулы и методика измерений.

Сущность гидростатического и барометрического нивелирования.

Литература: [1, с.56-75, 100-105; 2, с.147-168; 3, с.6-21].

#### **Вопросы для самостоятельной работы по теме 5**

1. Классификация нивелиров (по точности и по конструкции).
2. Перечислите оси нивелира и охарактеризуйте поверки и юстировки нивелира.
3. Сущность геометрического нивелирования «из середины». Как вычисляют превышения и отметки связующих точек в нивелирном ходе?
4. Сущность геометрического нивелирования «вперёд». Что называется горизонтом инструмента? Как вычисляют отметки промежуточных точек в нивелирном ходе?
5. Опишите последовательность работы на станции при техническом нивелировании и укажите допуски?
6. Особенности устройства цифровых нивелиров, их возможности. В чем состоят преимущества цифрового нивелирования?
7. Лазерные нивелиры и построители. Где их применяют?
8. Как вычисляют превышение в тригонометрическом нивелировании, если известны угол наклона, а также наклонное расстояние или горизонтальное проложение? Приведите формулы и дайте пояснения в виде рисунков.
9. В чем сущность гидростатического нивелирования? Сфера его применения.
10. В чём сущность барометрического нивелирования? Сфера его применения.

### **Тема 6. Геодезические сети**

Назначение, принципы построения и классификация геодезических сетей. Государственная геодезическая сеть, геодезическая сеть сгущения, съёмочная сеть. Методы определения планового положения точек: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, геодезические засечки. Высотные сети. Геодезические знаки и центры. Съёмочные и разбивочные сети, строительные геодезические сетки. Прямая и обратная геодезические задачи.

Литература: [1, с.109-115, 138-166; 2, с. 27-46].

#### **Вопросы для самостоятельной работы по теме 6**

1. В чем состоят основные принципы построения и развития геодезических сетей? Классификация геодезических сетей.
2. Триангуляция и трилатерация. Охарактеризуйте их. Где данные геодезические построения используют?

3. Полигонометрия и теодолитные хода. Охарактеризуйте их. Где данные геодезические построения используют?

4. Как измеряют углы и длины сторон при проложении линейно-углового (теодолитного) хода для создания съёмочного обоснования?

5. В чём состоит сущность спутниковых определений? Применение спутниковых методов для создания государственной геодезической сети.

6. Высотные геодезические сети. Какие методы нивелирования применяют для их создания?

7. Какие центры и надземные знаки используют для закрепления пунктов геодезических сетей?

8. Строительная геодезическая сетка и её применение на промышленных площадках.

9. В чём сущность прямой геодезической задачи? Где она находит применение?

10. В чём сущность обратной геодезической задачи? Где она находит применение?

## **Раздел 2. Геодезическое обеспечение изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений**

### **Тема 7. Топографические съёмки**

Методы топографических съёмок. Выбор масштаба съёмки и высоты сечения рельефа. Общая характеристика полевых и камеральных работ при различных методах съёмки. Создание планово-высотного съёмочного обоснования. Теодолитная (горизонтальная), тахеометрическая и мензурная съёмки. Ведение абриса. Нивелирование поверхности (вертикальная съёмка). Аэрофото- и фототеодолитная съёмки. Понятие о цифровых моделях местности. Лазерное сканирование.

Литература: [1, с. 115-129; 2, с.169-242].

#### ***Вопросы для самостоятельной работы по теме 7***

1. Как выбирают масштаб и высоту сечения рельефа при выполнении крупномасштабных топографических съёмок? При ответе на вопрос использовать нормативные документы.

2. В чём состоит сущность теодолитной съёмки? Какие способы применяют для съёмки контуров (ситуации)?

3. В чём состоит сущность тахеометрической съёмки? Какие приборы применяют?

4. В чём состоят особенности и преимущества тахеометрической съёмки электронным тахеометром?

5. Создание цифровых моделей местности и рельефа по результатам топографических съёмок. Какие программные комплексы применяют?

6. Что называется абрисом съёмки? Чем отличается абрис тахеометрической съёмки от абриса теодолитной съёмки?

7. Как выполняют разбивку участка на квадраты, нивелирование поверхности по квадратам и вычисление отметок при вертикальной съёмке?

8. В чём состоит сущность аэрофотосъёмки и космической съёмки? Сфера их применения.

9. В чём состоит сущность лазерного сканирования и где его применяют?

10. В чём состоит сущность мензурной съёмки? Её достоинства и недостатки.

### **Тема 8. Геодезические работы при инженерных изысканиях**

Задачи и виды технических изысканий. Состав инженерно-геодезических изысканий для строительства площадных и линейных сооружений. Нормативные документы.

Инженерно-геодезические работы при изысканиях площадных и линейных сооружений. Камеральное и полевое трассирование. Геодезическое обеспечение инженерно-геологических, гидрогеологических и гидрометеорологических изысканий.

Геодезические расчеты при вертикальной планировке. Проектирование горизонтальной и наклонной площадок. Подсчет объемов земляных работ.

Литература: [1, с.130-137, 244-251; 2, с.244-268].



### **Вопросы для самостоятельной работы по теме 8**

1. Охарактеризуйте состав инженерно-геодезических изысканий для проектирования площадных сооружений.
2. Назовите состав геодезических работ, выполняемых при изысканиях трасс линейных сооружений.
3. В чём состоит геодезическое обеспечение инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий?
4. В чём состоит геодезическое обеспечение гидрологических и метеорологических изысканий?
5. Охарактеризуйте плановые и высотные параметры трассирования. Для каких инженерных сооружений наиболее важны плановые параметры, а для каких – высотные?
6. В чём состоит сущность трассирования? Состав работ при полевом трассировании.
7. Какой метод съёмки лежит в основе вертикальной планировки строительных площадок и в чём он состоит? Как вычисляют фактические отметки вершин квадратов?
8. Какие геодезические расчеты выполняют при проектировании горизонтальной и наклонной площадки под условием соблюдения баланса земляных работ?
9. Как составляют планы организации рельефа? Какие способы применяют для построения горизонталей?
10. Как составляют картограмму земляных работ и вычисляют объёмы земляных масс?

### **Тема 9. Разбивочные работы**

Содержание и этапы разбивочных работ. Создание геодезической разбивочной основы на строительной площадке.

Построение на местности элементов разбивочных работ: проектных углов, расстояний, проектных отметок и линий заданного уклона. Способы разбивочных работ: полярных и прямоугольных координат, угловых и линейных засечек, створно-линейный способ.

Разбивка основных и главных осей зданий и сооружений, требования к точности, знаки закрепления осей. Способы разбивочных работ: полярных и прямоугольных координат, угловых и линейных засечек, створно-линейный способ. Контроль разбивки.

Литература: [1, с.194-233; 2, с. 268-304].

### **Вопросы для самостоятельной работы по теме 9**

1. Охарактеризуйте содержание разбивочных работ и оси зданий и сооружений?
2. Для чего и какими методами создают разбивочную основу для строительства? Изобразите на рисунке основные схемы построения плановой разбивочной сети строительной площадки согласно нормативным документам.
3. В чём состоят геодезические расчеты для составления разбивочных чертежей по выносу на местность осей сооружений?
4. Как построить на местности проектный горизонтальный угол? В чём состоят особенности построения угла с повышенной точностью?
5. Как вынести на местность проектную отметку с помощью нивелира и теодолита?
6. Как построить на местности линию проектного уклона с помощью нивелира и теодолита?
7. Изобразите на рисунке схему полярного способа разбивки и опишите процесс разбивки осей на местности этим способом.
8. Изобразите на рисунке схемы разбивки сооружений способами угловой и линейной засечки и охарактеризуйте сферу применения этих способов.
9. Изобразите на рисунке схемы разбивки осей сооружений способами прямоугольных координат и створно-линейным способом. Сфера применения этих способов.
10. Охарактеризуйте точность разбивочных работ в зависимости от вида, этажности и конструктивных особенностей сооружений согласно нормативным документам.

## **Тема 10. Геодезические работы на нулевом цикле строительства**

Геодезические работы при сооружении котлованов и возведении фундаментов. Закрепление осей. Точность передачи осей и отметок на дно котлованов. Геодезические работы при возведении фундаментов. Исполнительные съемки при возведении подземной части зданий.

Литература: [1, с.231-233, 263-271; 2, с.303-309, 325-331].

### ***Вопросы для самостоятельной работы по теме 10***

1. Охарактеризуйте создание осевой разбивочной основы на обноске и вне зоны земляных работ.
2. Какие геодезические работы выполняют при раскрытии котлована?
3. Как передают отметку на дно глубокого котлована с помощью нивелира и теодолита?
4. Какие геодезические работы выполняют при возведении свайных фундаментов?
5. В чём сущность исполнительных съёмок? Перечислите виды исполнительных съёмок при возведении подземной части зданий.
6. В чём состоит исполнительная съемка свайных полей?
7. Какие геодезические работы выполняют при возведении монолитных фундаментов?
8. Охарактеризуйте геодезические работы при устройстве ленточных фундаментов.
9. Охарактеризуйте геодезические работы при устройстве отдельных фундаментов под колонны «стаканного типа».
10. Как осуществляют контроль высотного положения фундаментов и исполнительную съёмку перекрытий первого этажа?

## **Тема 11. Геодезическое обеспечение строительства надземной части зданий**

Построение плановой и высотной основы на исходном горизонте. Проектирование основных точек и передача отметок с исходного на монтажные горизонты. Построение опорной сети на монтажном горизонте.

Геодезическое обеспечение строительства зданий (сооружений) современных объемно-планировочных и конструктивных решений (каркасно-панельных, крупнопанельных, монолитных, кирпичных) и монтажа подкрановых путей. Установка и контроль положения конструкций в плане, по высоте и по вертикали.

Литература: [1, с.272-288; 2, 309-321].

### ***Вопросы для самостоятельной работы по теме 11***

1. Какими методами строят плановую и высотную основу на исходном горизонте?
2. В чём сущность способа вертикального проектирования, применяемого для передачи осей по вертикали на монтажный горизонт с помощью прибора вертикального визирования?
3. В чём сущность способа наклонного проектирования, применяемого для передачи осей по вертикали с помощью теодолита?
4. В чём сущность способа бокового нивелирования и для каких целей его применяют?
5. Охарактеризуйте разбивку планового и высотного положения панелей на монтажном горизонте.
6. В чём состоит контроль кирпичной кладки (с помощью отвесов, уровней и др.)?
7. Какие геодезические работы выполняют при монтаже каркасных зданий?
8. Охарактеризуйте передачу осей и отметок на монтажный горизонт с помощью электронного тахеометра.
9. Как осуществляют разбивки при монтаже подкрановых балок грузоподъемных кранов?
10. Как выверяют положение подкрановых балок в плане и по высоте?

## **Тема 12. Основные сведения о наблюдениях за деформациями зданий и сооружений**

Виды деформаций инженерных сооружений. Периодичность и точность наблюдений за осадками и деформациями сооружений и несущих конструкций в период строительства объекта и его эксплуатации.

Методы наблюдений за деформациями зданий и сооружений в плане, по высоте и по вертикали. Закладка плановых и высотных знаков. Определение осадок, горизонтальных смещений и кренов. Геодезические методы обмеров архитектурных и строительных объектов.

Литература: [1, с.351-374; 2, с.334-355].

### **Вопросы для самостоятельной работы по теме 12**

1. С какой целью выполняют геодезические наблюдения за деформациями зданий и сооружений?
2. Назовите основные виды деформаций зданий и сооружений, являющиеся предметом геодезических наблюдений.
3. Охарактеризуйте точность определения деформаций согласно нормативным документам.
4. Какими методами определяют осадки зданий и сооружений?
5. Что служит высотной основой для измерения осадок сооружения?
6. Какие способы и приборы применяют для измерения горизонтальных смещений (сдвигов) элементов конструкций зданий и сооружений?
7. Как определяют скорость осадки сооружения? Как планируют периодичность наблюдений за осадками?
8. Как и с какой точностью измеряют геодезическими методами крен зданий?
9. В чём состоит способ координат при определении крена башенных сооружений?
10. Охарактеризуйте геодезические методы обмера зданий и сооружений.

### **Контрольная работа № 1**

Цель работы – изучение теоретических вопросов по основам геодезии, связанных с выполнением угловых и линейных измерений, нивелирования, а также обработкой результатов геодезических измерений на примере расчетов, выполняемых при вертикальной планировке наклонной площадки. Контрольная работа №1 состоит из двух заданий.

#### **Задание 1. Ответы на вопросы по теоретическим темам 1-6 раздела 1.**

Из списка вопросов для самостоятельной работы необходимо составить ответы на **три вопроса**. 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 1, 3 и 5.

Студенты, фамилии, которых начинаются с букв Л, М, Н,.....Я, отвечают на вопросы к темам 2, 4 и 6.

#### **Задание 2. Геодезические расчеты при вертикальной планировке**

**Содержание работы:** по данным нивелирования поверхности по квадратам выполнить проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных работ.

Рельеф земной поверхности в своём естественном состоянии обычно не пригоден для непосредственного размещения и строительства на нем проектируемых сооружений. **Преобразование существующего** (естественного) **рельефа** в проектный (искусственный), отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории, называется **вертикальной планировкой местности**.

Графической основой для составления проекта вертикальной планировки служит топографический план, получаемый в результате съёмки местности методом нивелирования поверхности по квадратам. Этот метод применяется в равнинной местности со слабо выраженным рельефом и небольшим количеством контуров. В этом случае топографический план составляется в масштабах 1:2000, 1:1000 или 1:500 с высотой сечения рельефа

1,0; 0,5 или 0,25 метра. Для нивелирования строительный участок разбивают (размечают) на квадраты. Место положения вершин квадратов на местности получают с помощью теодолита: строят прямые углы при двух положениях вертикального круга, а длины сторон откладывают стальной лентой либо рулеткой с точностью не грубее 1:2000.

Одновременно с разбивкой сетки квадратов ведут съёмку ситуации и характерных точек рельефа, результаты промеров заносят в абрис. Вершины квадратов закрепляют колышками (сторожками), маркированными по взаимно перпендикулярным осям, совпадающим со сторонами сетки. На небольших участках местности до 4 га и для целевого местного строительства такую сетку квадратов можно строить в условной системе координат, отметки желательнее определять в Балтийской системе высот.

Перед началом вертикальной съёмки дополнительно рекогносцируют участок, чтобы наметить места постановки нивелира и выбрать связующие точки. Место для станции нивелира выбирают так, чтобы с каждой из них можно было выполнить нивелирование вершин нескольких квадратов. При этом смежные станции должны иметь общие связующие точки, которые необходимы для передачи отметок на последующие станции. При нивелировании по квадратам все отсчёты по рейкам заносят в полевую схему-журнал.

**Исходные данные** для выполнения задания 2.

Выполнено нивелирование поверхности по квадратам, *сторона квадрата 40 метров*. Репер (исходная точка с известной отметкой) и вершины квадратов 1в, 2а, 4в являются связующими точками и образуют замкнутый нивелирный ход. Связующие точки нивелировались способом «из середины» по методике геометрического нивелирования технической точности, отсчеты по черной и красной сторонам реек записаны на схеме нивелирования связующих точек.

**Вариант схемы нивелирования связующих точек определяется суммой двух последних цифр шифра студента.**

Остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные, т.е. снимались отсчеты только по черной стороне рейки.

**Вариант схемы нивелирования промежуточных точек определяется последней цифрой шифра.**

**Таблица 1.1 – Пример выбора исходных данных**

| Последние цифры шифра | Схема нивелирования связующих точек | Схема нивелирования промежуточных точек | Отметка репера, м       |
|-----------------------|-------------------------------------|---|-------------------------|
| 01                    | (0+1) 1                             | 1                                       | группа 1 <b>51,10 м</b> |
| 10                    | (1+0) 1                             | 0                                       | группа 2 <b>62,20 м</b> |
| 19                    | (1+9) 10                            | 9                                       | группа 3 <b>53,30 м</b> |
| 27                    | (2+7) 9                             | 7                                       | группа 4 <b>64,40 м</b> |
| 38                    | (3+8) 12                            | 8                                       | группа 5 <b>45,50 м</b> |

**Отметка репера** равна *исходному значению из табл. 1.1* плюс две последние цифры шифра в целую и дробную части отметки. Например, для варианта 5 группа 1 – отметка репера  $51,10+5,05 = 56,15$  м; для варианта 12 группы 2 – отметка репера  $62,20+12,12 = 74,32$  м.

Последовательность выполнения задания 2:

1) **выбрать исходные данные, сделать общую схему** и записать на неё все отсчеты согласно схемам нивелирования связующих и промежуточных точек.

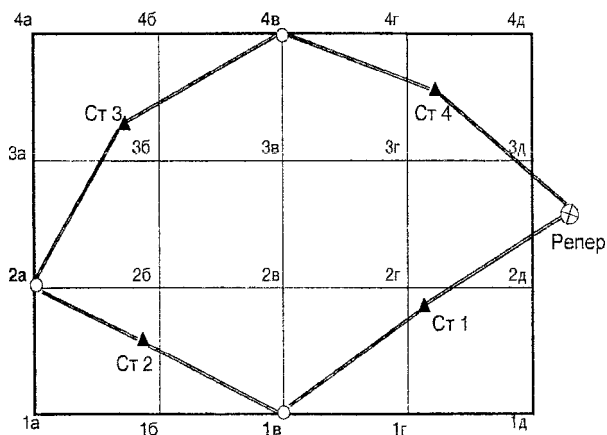
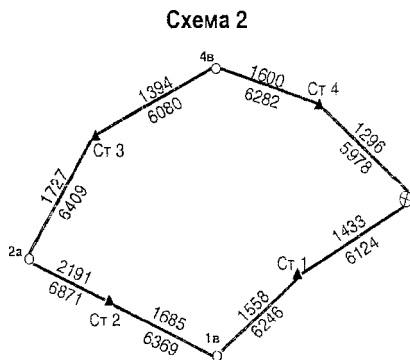
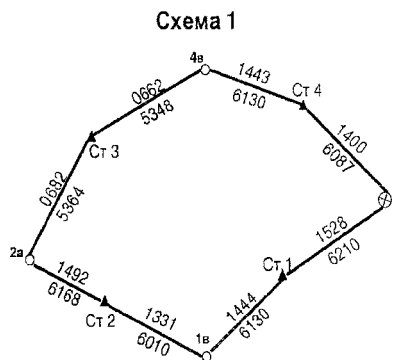


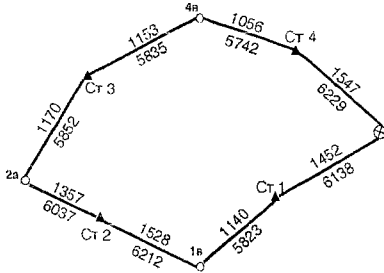
Рисунок 1.1 – Схема-журнал нивелирования по квадратам

2) **выполнить камеральную обработку полевой схемы-журнала нивелирования по квадратам** (рис. 1.1): отметки связующих точек 1в, 2а и 4в вычисляем в табл.1.2. Отметки остальных вершин квадратов вычислить через горизонт инструмента и записать прямо на схеме.

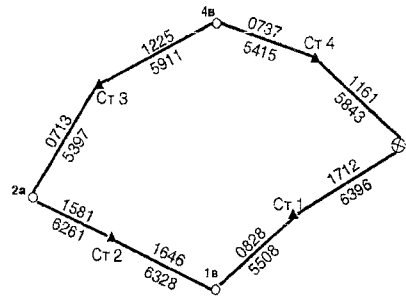
**Схемы нивелирования связующих точек** (варианты исходных данных)



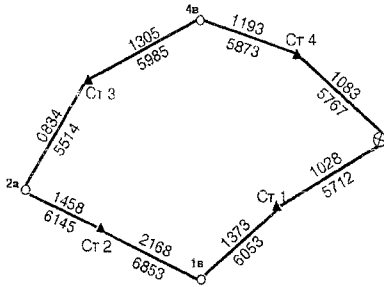
**Схема 3**



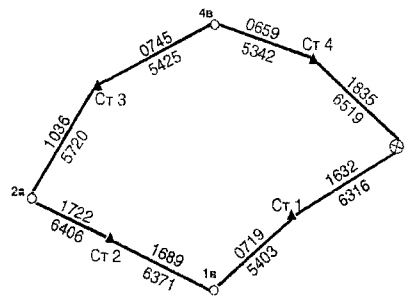
**Схема 4**



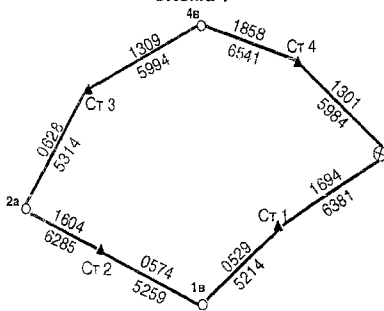
**Схема 5**



**Схема 6**



**Схема 7**



**Схема 8**

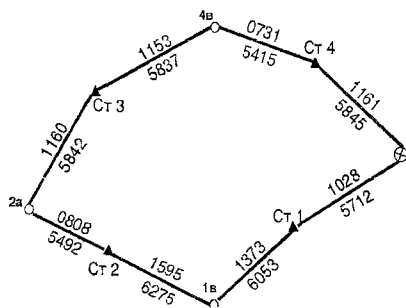


Схема 9

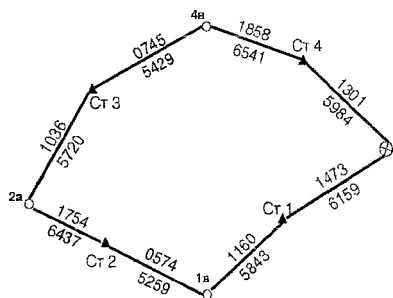


Схема 10

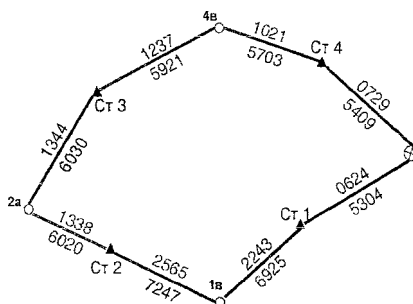


Схема 11

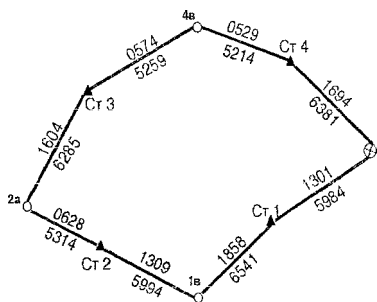
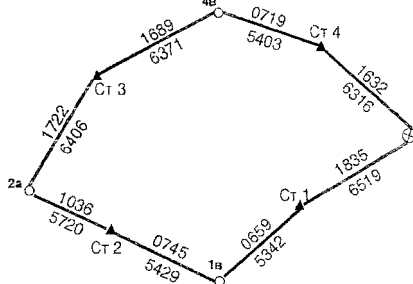


Схема 12



Схемы нивелирования промежуточных точек (варианты исходных данных)

Схема 0

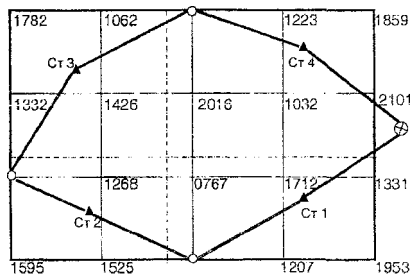
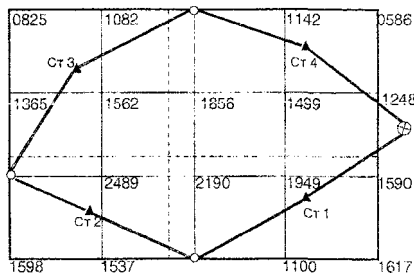
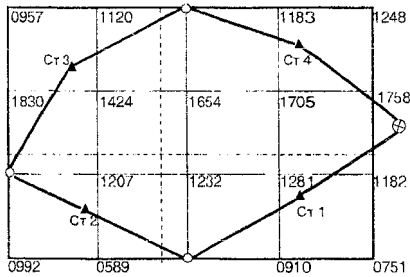


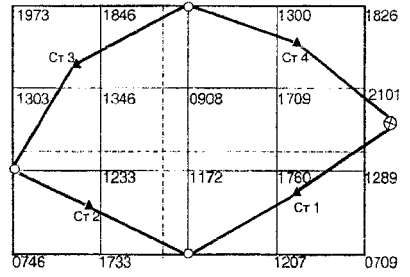
Схема 1



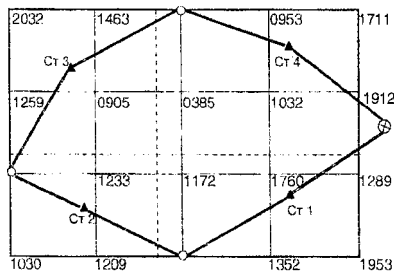
**Схема 2**



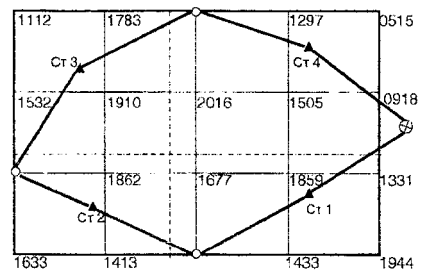
**Схема 3**



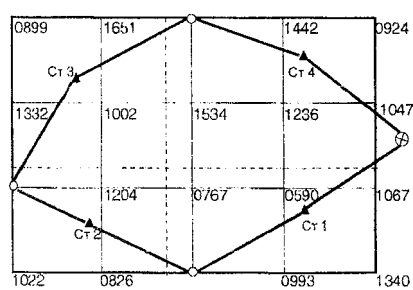
**Схема 4**



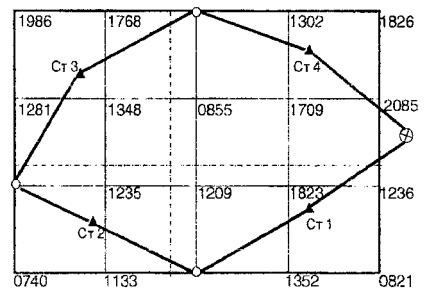
**Схема 5**



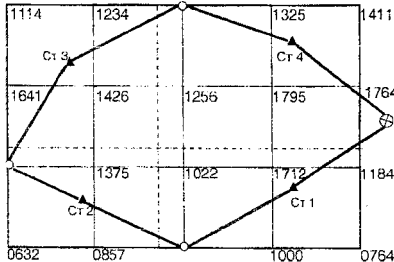
**Схема 6**



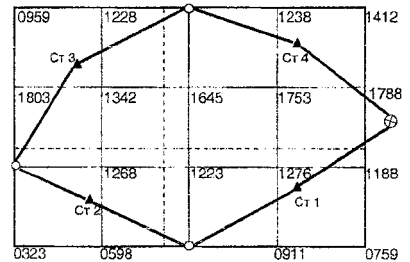
**Схема 7**



**Схема 8**



**Схема 9**





**Рассмотрим формулы для обработки геометрического нивелирования:**

Превышения вычисляют по формуле  $h = 3 - \Pi$ , используя отсчёты по черной и красной сторонам реек, а затем, если расхождение полученных превышений не более 5 мм, вычисляют среднее превышение, округляя его до целых мм.

Далее вычисляют *высотную невязку* замкнутого нивелирного хода и, если она не превышает допустимую невязку, то *распределяют её поровну с обратным знаком во все средние превышения*. Поправки вычисляют по формуле  $V_h = \frac{-f_h}{n}$ .

Вычисления выполняют в табл. 1.2. по своим исходным данным.

Для получения уравненного превышения к среднему превышению (вычисленному на станции) прибавляют поправку с учетом знака  $h_{уравн} = h_{ср} + V_h$ .

Отметки связующих точек вычисляют (начиная от репера) по формуле

$$H_{послед} = H_{предпо} + h_{уравн}.$$

Горизонт инструмента станции равен отметке задней точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке  $ГИ_{СТ} = H_{зад} + a_{зад}^{чер}$ . Значения горизонта инструмента записывают на схему-журнал нивелирования.

Отметки промежуточных точек (остальных вершин квадратов) вычисляются так: от горизонта инструмента отнимают отсчет по черной стороне рейки на промежуточной точке  $H_{промеж} = ГИ_{СТ} - a_{промеж}^{чер}$  и все вычисленные отметки тоже записывают в схему-журнал нивелирования.

**Таблица 1.2 – Ведомость вычисления отметок связующих точек**

| № ст.  | № точек     | Отсчёты, мм |          | Превышения h, мм  |         | Поправки, мм | Уравненные превышения, мм | Отметки точек Н, м | № точек |
|--|-------------|-------------|----------|---|---------|--------------|---------------------------|--------------------|---------|
|  |             | задний      | передний | вычисленное   | среднее |              |                           |                    |         |
| 1  | 2           | 3           | 4        | 5   | 6       | 7            | 8                         | 9                  | 2       |
| 1  | Репер 1в    |             |          |   |         |              |                           |                    |         |
| 2  | 1в<br>2а    |             |          | <b>Внимание!</b><br>Таблицу заполняют в соответствии с личными исходными данными. |         |              |                           |                    |         |
| 3  | 2а<br>4в    |             |          | <i>Пример вычисления отметок связующих точек см. в табл. 1.2 а.</i>               |         |              |                           |                    |         |
| 4  | 4в<br>Репер |             |          | <i>Пример вычисления отметок связующих точек см. в табл. 1.2 а.</i>               |         |              |                           |                    |         |
| Суммы  |             |             |          |   |         |              |                           |                    |         |
| Постраничный контроль: $\Sigma 3 - \Sigma \Pi = \Sigma h_{выч} \approx 2 \Sigma h_{ср}$                          |             |             |          |   |         |              |                           |                    |         |
| Невязка $f_h = \Sigma h_{ср} =$ Допустимая невязка $доп f_h = \pm 10_{мм} \sqrt{n} =$<br>число станций $n = 4$ . |             |             |          |   |         |              |                           |                    |         |

**3) составить план организации рельефа** на листе чертежной бумаги формата А-4 в масштабе 1:1000 с высотой сечения рельефа 0,5 метра, указав на нем фактические отметки (черным цветом), проектные отметки (красным), рабочие отметки (синим), а также изобразив на нем существующий рельеф горизонталями (коричневый цвет).

**4) вычислить отметку центра тяжести** площадки и проектные отметки вершин квадратов по заданному проектному уклону.

Среднюю фактическую отметку участка (отметку центра тяжести) вычисляется по формуле

$$H_{ц.т.} = \frac{\Sigma H_1 + 2 \cdot \Sigma H_2 + 4 \cdot \Sigma H_4}{4n}$$

где  $\Sigma H_1, \Sigma H_2, \Sigma H_4$  – сумма отметок вершин, принадлежащих соответственно одному, двум и четырём квадратам,  $n$  – число квадратов, равно 12.

Центром тяжести прямоугольника является точка пересечения его диагоналей.

Отметка центра тяжести имеет следующее свойство: любая плоскость (кроме вертикальной), проходящая через неё, обеспечивает на участке баланс объёмов земляных масс.

*Вычисленная отметка центра тяжести является исходной проектной отметкой.* От нее через заданный проектный уклон вычисляют проектные отметки вершин квадратов, используя формулу  $H_{послед} = H_{предыд} + i \cdot d$  (уклон берут в тысячных долях).

Направление уклона выбирают в соответствии с фактическим наклоном участка местности и показывают направление ската стрелкой красного цвета (см. рис.1.2). По стрелке уклон имеет знак « - », а в обратном направлении знак « + ».

**Значение проектного уклона выбирают в соответствии с порядковым номером группы:** 1 группа: 6‰ = 0,006; 2 группа: 7‰ = 0,007; 3 группа: 8‰ = 0,008; 4 группа: 9‰ = 0,009; 5 группа: 10‰ = 0,010. Значения продольного и поперечного уклонов принимать равными!

**5) вычислить рабочие отметки** планировки как разности между проектными и фактическими отметками (красная минус черная)  $\pm h_p = H_{пр} - H_{факт}$ .

**6) построить на плане организации рельефа проектные горизонтали**, применив аналитическое интерполирование, и оформить их в виде параллельных линий красного цвета.

**7) составить картограмму земляных работ** на отдельном листе бумаги формата А-4 в масштабе 1:1000, указав на ней сетку квадратов (черным цветом), рабочие отметки, расстояния до точек нулевых работ и линию нулевых работ – границу выемки и насыпи грунта (синим).

**8) вычислить объёмы земляных работ** в табл. 1.3. Выполнить вычисления по рабочим отметкам, указанным в плане организации рельефа, построенном Вами.

Объёмы выемки и насыпи вычисляют в каждой фигуре (по рабочим отметкам вершин каждого квадрата), используя формулы Стрельчевского:

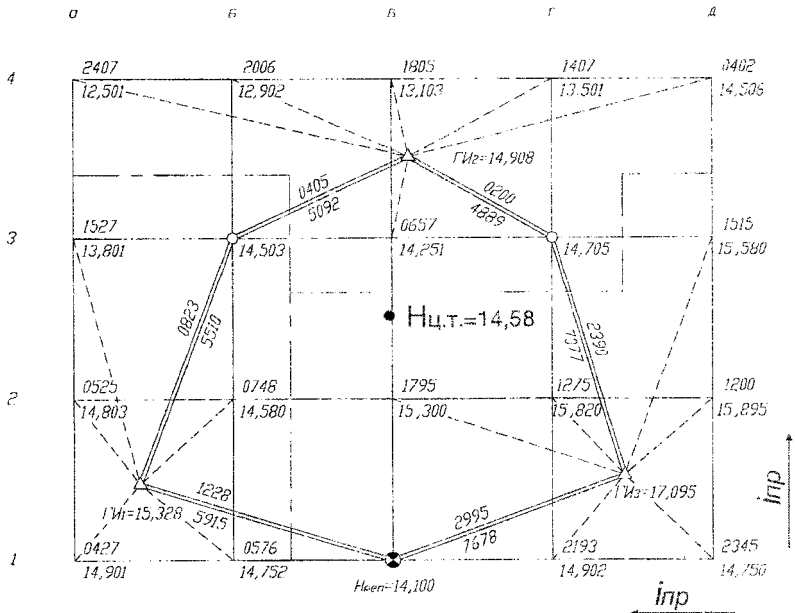
$$V_{насыпи} = \frac{(\Sigma h_n)^2}{\Sigma(|h_n| + |h_c|)} \cdot \frac{s}{4}; \quad V_{выемки} = \frac{(\Sigma h_c)^2}{\Sigma(|h_n| + |h_c|)} \cdot \frac{s}{4};$$

где  $\sum h_{в(н)}$  – сумма рабочих отметок выемки (насыпи);  $\sum |h|$  – сумма всех рабочих отметок в пределах одного квадрата без учёта знаков,  $s$  – площадь квадрата.

**Таблица 1.3 – Подсчёт объёмов земляных масс**

| Номер квадрата | $\sum h_{н(в)}, м$    |   | $\sum h_{в(н)}^2$ |   | $\sum  h $ | ¼ площади фигуры $S/4$ | Объём, $м^3$ |        |
|----------------|-----------------------|---|-------------------|---|------------|------------------------|--------------|--------|
|                | +                     | - | +                 | - |            |                        | насыпи       | выемки |
| 1              |                       |   |                   |   |            | 400                    |              |        |
| 2              | <b>Внимание!</b>      |   |                   |   |            | 400                    |              |        |
| ...            | Пример вычисления     |   |                   |   |            | 400                    |              |        |
| ...            | объёмов см. табл.1.4а |   |                   |   |            | 400                    |              |        |
| 12             |                       |   |                   |   |            | 400                    |              |        |
| Итого:         |                       |   |                   |   |            |                        |              |        |

**Рассмотрим пример.** Все результаты нивелирования даны в схеме-журнале нивелирования по квадратам (рис.1.2). Связующие точки и репер, расположенный в вершине 1в, образуют замкнутый нивелирный ход. Связующие точки на схеме-журнале выделены кружками, их нивелируют дважды со смежных станций (основной ход – нивелирование «из середины»). Отсчёты, взятые по чёрной и красной сторонам реек, на связующие точки записаны по линиям нивелирования замкнутого хода, они показаны сплошной линией.



**Рисунок 1.2 – Пример схемы-журнала нивелирования по квадратам с исходными данными и вычисленными отметками**

Пунктирные линии, соединяющие станции с вершинами квадратов, схематично показывают визирные линии при нивелировании остальных вершин квадратов, как промежуточные точки. Отсчёты по чёрной стороне рейки записаны около вершин квадратов. В результате обработки полевой схемы-журнала получают отметки всех вершин квадратов с точностью до 0,001 м.

Результаты вычислений отметок связующих точек помещают в табл. 1.2. В графы 1, 2 записывают номера станций и номера вершин квадратов, образующих замкнутый нивелирный ход, в графы 3, 4 – чёрные и красные отсчёты на заднюю и переднюю рейки.

Превышения на станции, вычисленные по чёрной и красной сторонам реек, записывают в графу 5. В графе 6 вычисляют средние превышения с округлением до 1 мм в ближайшую четную сторону (если среднее превышение равно 112,5 мм запишем и примем в обработку 112 мм).

Теоретическая алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому ходу должна быть равна нулю ( $\sum h_{кр} = 0$ ), но в силу накопления погрешностей измерений в нивелирном ходе имеем высотную невязку, т.е.  $f_h = \sum h_{кр}$ .

Допустимую невязку в техническом нивелировании можно вычислить по формулам:

$$\text{доп } f_h = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{ку}}}, \text{ где } L - \text{длина хода в км};$$

$$\text{доп } f_h = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n}, \text{ где } n - \text{число станций}.$$

Если полученная невязка меньше допустимой, то её распределяют с обратным знаком, по возможности равномерно во все превышения, округляя поправки до 1 мм. При этом необходимо помнить, что абсолютная сумма всех поправок должна быть равна полученной невязке. Поправки записывают в графу 7, а уравненные превышения – в графу 8. Сумма уравненных превышений должна быть равна нулю.

**Таблица 1.2 а – Ведомость вычисления отметок связующих точек**

| № ст.   | № точек | Отсчёты, мм |          | Превышения h, мм |         | Поправки, мм | Уравненные превышения, мм | Отметки точек Н, м | № точек |
|---|---------|-------------|----------|------------------|---------|--------------|---------------------------|--------------------|---------|
|   |         | задний      | передний | вычисленное      | среднее |              |                           |                    |         |
| 1   | 2       | 3           | 4        | 5                | 6       | 7            | 8                         | 9                  | 2       |
| 1   | 1в      | 1228        | 0823     | +0405            | +0405   | -2           | +0403                     | 14,100             | 1в      |
|   | 3б      | 5915        | 5510     | +0405            |         |              |                           |                    |         |
| 2   | 3б      | 0405        | 0200     | +0205            | +0204   | -2           | +0202                     | 14,503             | 3б      |
|   | 3г      | 5092        | 4889     | +0203            |         |              |                           |                    |         |
| 3   | 3г      | 2390        | 2995     | -0605            | -0603   | -2           | -0605                     | 14,705             | 3г      |
|   | 1в      | 7077        | 7678     | -0601            |         |              |                           |                    |         |
| Суммы   |         | 22107       | 22095    | 12               | 6       | -6           | 0                         |                    |         |
| Постраничный контроль: $\Sigma 3 - \Sigma 4 = \Sigma h_{\text{выч}} \approx 2 \Sigma 6$   |         |             |          |                  |         |              |                           |                    |         |
| Невязка $f_h = \sum h_{кр} = +6$ мм. Допустимая невязка $\text{доп } f_h = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} = \pm 17$ мм, число станций $n = 3$ . |         |             |          |                  |         |              |                           |                    |         |

Затем вычисляют отметки связующих точек (графа 9). Исходная отметка репера (например, точка 1в) известна. Отметки остальных связующих точек вычисляют по правилу: *отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс уравненное превышение между ними.*

Если отметка репера  $H_{\text{реп}}=14,100$  м (репер расположен в вершине 1в), то отметки остальных связующих точек получены из вычислений:

$$H_{35}=14,100 + 0,403 = 14,503 \text{ м}; \quad H_{37}=14,503 + 0,202 = 14,705 \text{ м};$$

$$\text{Контроль: } H_{\text{реп}}=14,705 - 0,605 = 14,100 \text{ м.}$$

Отметки остальных вершин квадратов вычисляют в следующем порядке. Так как остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные точки, то их отметки определяют через горизонт инструмента. При этом ГИ берётся для той станции, с которой данная промежуточная точка нивелировалась.

В рассматриваемом примере ГИ на станции 1,2 и 3 таковы:  $GI_1 = 14,100 + 1,228 = 15,328$  м;  $GI_2 = 14,503 + 0,405 = 14,908$  м;  $GI_3 = 14,705 + 2,390 = 17,095$  м и т.д.,

а отметки промежуточных точек вычисляют, *вычитая из горизонта инструмента отсчёт на промежуточной точке*, взятый в метрах

$$H_{1a} = 15,328 - 0,427 = 14,901 \text{ м}; \quad H_{2a} = 15,328 - 0,525 = 14,803 \text{ м и т.д.}$$

Отметки всех вершин квадратов можно записывать прямо на схему-журнал нивелирования либо в табл. 1.4.

**Таблица 1.4 – Фактические отметки вершин квадратов**

| Наименование точки | а      | б      | в      | г      | д      |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4                  | 12,501 | 12,902 | 12,903 | 13,301 | 14,506 |
| 3                  | 13,801 | 14,503 | 14,251 | 14,705 | 15,580 |
| 2                  | 14,803 | 14,580 | 15,300 | 16,020 | 16,895 |
| 1                  | 14,901 | 14,752 | 14,100 | 14,902 | 15,750 |

### Построение плана организации рельефа

Для построения плана по результатам нивелирования поверхности по квадратам накладывают на лист ватмана формата А-4 в масштабе 1:1000 сетку квадратов (примерно по середине листа, расположенного горизонтально) и у вершин квадратов выписывают черным цветом фактические отметки с округлением до сантиметра (0,01 м). Чтобы на плане провести горизонталы, по сторонам квадратов выполняют интерполирование для отметок кратных высоте сечения  $h=0,5$  м. Можно применить графическую интерполяцию по палетке или аналитическую интерполяцию (вычисление расстояний до горизонталей).

На листе кальки проводят параллельные линии через одинаковые промежутки (например, через 1 см). На этих линиях подписывают отметки горизонталей, проходящих по участку местности, т.е. кратно 0,5 м (рис.1.3). Подготовленная таким образом калька называется *топографической палеткой*. На интерполируемую сторону квадрата накладывают палетку и поворачивают её так, чтобы конечные точки (вершины квадрата) занимали на кальке места, соответствующие значениям их отметок (рис. 1.4). Зафиксировав в таком положении палетку, накалывают иглой по стороне квадрата точки пересечения с линиями палетки и отмечают их (отметки найденных точек будут равны отметкам горизонталей). Последовательно выполняют интерполяцию по всем сторонам квадратов, где проходят горизонталы.

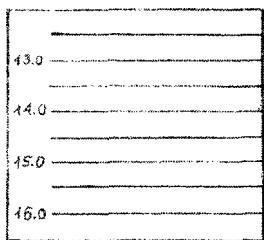


Рисунок 1.3 – Палетка

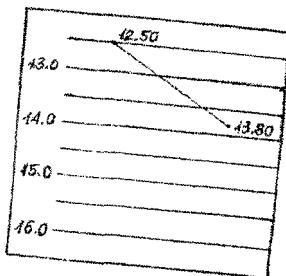


Рисунок 1.4 – Принцип наложения палетки

Затем точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями – горизонталями, соблюдая основные свойства форм рельефа.

Горизонтали фактического рельефа изображают плавными линиями коричневого цвета (см. рис. 1.5). Каждая 4-я горизонталь утолщается и подписывается в разрыве (обычно это целая метровая горизонталь).

### Проектирование наклонной площадки

Рассмотрим проектирование наклонной плоскости с одинаковым продольным и поперечным уклоном  $i = 0,005 = 5\%$  для организации поверхностного стока и с соблюдением баланса объёмов земляных масс (в насыпи и выемке).

Используя данные рис. 1.2 и табл. 1.4 с фактическими отметками вершин квадратов, вычислим *отметку центра тяжести*

$$H_{ц.т.} = \frac{\sum H_1 + 2 \cdot \sum H_2 + 4 \cdot \sum H_4}{4n} = \frac{56,658 + 2 \cdot 143,339 + 4 \cdot 89,159}{4 \cdot 12} = 14,583 \approx 14,58 \text{ м.}$$

Записывают полученную среднюю отметку на топографическом плане в центре тяжести участка, которому соответствует точка пересечения диагоналей прямоугольника, красным цветом, она будет использована как исходная проектная отметка (рис.1.5).

Проектные отметки вершин квадратов вычисляют с учётом расстояний между ними и заданных продольных и поперечных уклонов. Сначала получают проектные отметки вершин квадратов, расположенных рядом с центром тяжести участка, а от них проектные отметки других вершин.

Например, для наклонной площадки с уклоном 5‰ и стороной квадрата 40 м получим следующие проектные отметки вершин квадратов:

$$H_{3B} = 14,58 - (20 \cdot 0,005) = 14,48 \text{ м}, \quad H_{2B} = 14,58 + (20 \cdot 0,005) = 14,68 \text{ м},$$

$$H_{3Г} = 14,48 + (40 \cdot 0,005) = 14,68 \text{ м}, \quad H_{2Г} = 14,48 - (40 \cdot 0,005) = 14,28 \text{ м} \text{ и т.д.}$$

Вычисляют рабочие отметки как разности между проектными и фактическими отметками и записывают их со знаком «+» или «-» синим цветом. Контролем вычислений может служить приближенное равенство нулю алгебраической суммы рабочих отметок.

Все результаты вычислений оформляют непосредственно в плане организации рельефа в соответствии с общепринятой стандартной формой записи фактических, проектных и рабочих отметок относительно вершин квадратов. При этом проектные (вычисленные) отметки записывают красным цветом, топографические (фактические) – чёрным, рабочие – синим.

ПЛАН ОГРАНИЗАЦИИ РЕЛЬЕФА (НАКЛОННАЯ ПЛОЩАДКА)

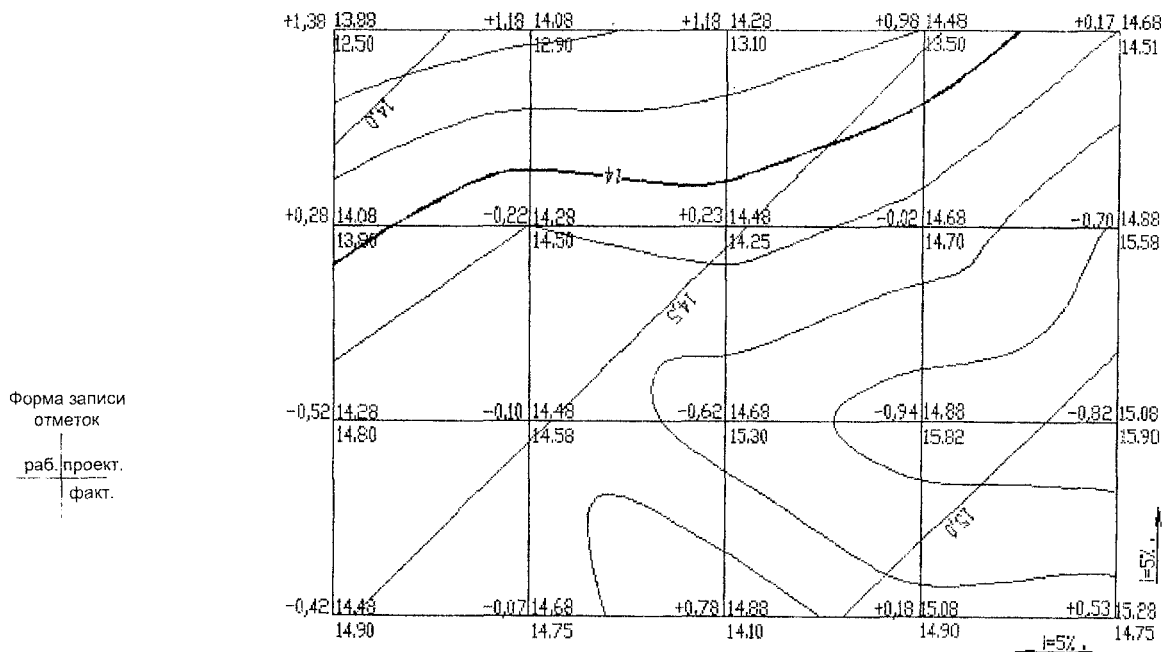


Рисунок 1.5 – Пример оформления плана организации рельефа

По проектным отметкам проводят проектные горизонтали также через 0,5 м. Так как преобразование рельефа выполняется под наклонную плоскость, то *проектные горизонтали будут представлены в виде параллельных линий красного цвета* (см. рис. 1.5) и подписаны все, в отличие от горизонталей фактического рельефа, не в разрыве, а сверху над горизонталями.

При построении проектных горизонталей используют аналитическое интерполирование (рис. 1.6) – при помощи калькулятора вычисляют расстояния до горизонталей.

Например, необходимо найти положение горизонталей между точками А и В, если отметки точек равны  $H_A=31,20$  м;  $H_B=29,91$  м. Между этими точками пройдут горизонтали, кратные высоте сечения рельефа  $h=0,5$  м с отметками  $H_1=30,0$  м;  $H_2=30,5$  м;  $H_3=31,0$  м. Если расстояние между точками АВ на плане равно 28 мм (рис. 2.14), а превышение составляет  $h = H_A - H_B = 31,20 - 29,91 = 1,29$  м, расстояния до горизонталей от точки В по направлению к точке А будут такими

$$l_i = \frac{AB}{h} (H_i - H_B) = \frac{28}{1,29} (30,00 - 29,91) = 21,70 \cdot 0,09 = 2,0 \text{ мм}; \quad l_2 = 12,8 \text{ мм}; \quad l_3 = 23,6 \text{ мм}$$

Полученные расстояния при помощи миллиметровой шкалы откладывают по направлению ВА (рис.1.6).

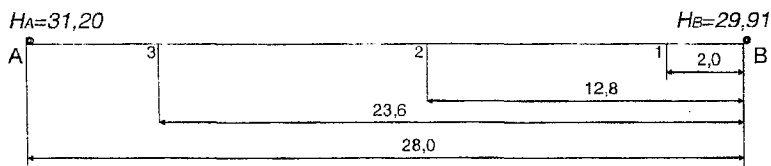


Рисунок 1.6 – Аналитическая интерполяция

Далее вычисляют рабочие отметки всех вершин квадратов  $\pm h_p = H_{np} - H_{факт}$  и записывают синим цветом на плане организации рельефа.

#### Составление картограммы земляных работ и подсчет объёмов земляных масс.

На отдельном листе бумаги формата А-4 изображают черным цветом сетку квадратов в масштабе 1: 1000 и в нужном месте (рис.1.7), синим цветом записывают рабочие отметки. Картограмма необходима для подсчета объёмов земляных масс.



На картограмме проводят линию нулевых работ (штриховая линия синего цвета). Точки нулевых работ ( $h_p = 0$ ) располагаются на сторонах квадратов, где меняется знак рабочих отметок.

Расстояния до точек нулевых работ вычисляют по формулам:

$$x = d \cdot \frac{|h_p^+|}{|h_p^+| + |h_p^-|}, \quad y = d \cdot \frac{|h_p^-|}{|h_p^+| + |h_p^-|},$$



где  $x, y$  – горизонтальные расстояния до точки нулевых работ от ближайших к ней вершин квадратов (слева и справа);  $h_p^+, h_p^-$  – рабочие отметки;  $d$  – длина стороны квадрата.

Вычисление расстояний  $x$  и  $y$  контролируется соблюдением равенства  $x + y = d$ .



**Рисунок 1.7 – Пример оформления картограммы земляных работ**

Например, по стороне квадрата 1г–2г расстояние до точки нулевых работ от вершины 1д будет равно  $x = 40 \cdot \frac{0,53}{0,82 + 0,53} = 15,7 м$ , от вершины 2г  $y = 40 \cdot \frac{0,82}{0,82 + 0,53} = 24,3 м$ .

Объёмы выемки и насыпи вычисляют по формулам, которые приведены на стр.18.

**Таблица 1.4 а – Подсчёт объёмов земляных масс**

| Номер квадрата | $\sum h_{П(В)}, м$ |      | $\sum h_{Н(В)}^2$ |        | $\sum  h $ | ¼ площади фигуры $S/4$ | Объём, $м^3$ |        |        |
|----------------|--------------------|------|-------------------|--------|------------|------------------------|--------------|--------|--------|
|                | +                  | -    | +                 | -      |            |                        | насыпи       | выемки |        |
| 1              | 2,84               | 0,22 | 8,0656            | 0,0484 | 3,06       | 400                    | 1054,3       | 6,3    |        |
| 2              | 2,59               | 0,22 | 6,7081            | 0,0484 | 2,81       | 400                    | 954,9        | 6,9    |        |
| 3              | 2,39               | 0,02 | 5,7121            | 0,0004 | 2,41       | 400                    | 948,1        | 0,1    |        |
| 4              | 1,15               | 0,72 | 1,3225            | 0,5181 | 1,87       | 400                    | 282,9        | 110,8  |        |
| 5              | 0,28               | 0,84 | 0,0784            | 0,7056 | 1,12       | 400                    | 28,0         | 252,0  |        |
| 6              | 0,23               | 0,94 | 0,0529            | 0,8836 | 1,17       | 400                    | 18,1         | 302,1  |        |
| 7              | 0,23               | 1,58 | 0,0529            | 2,4964 | 1,81       | 400                    | 11,7         | 551,7  |        |
| 8              | -                  | 2,48 | -                 | 6,1504 | 2,48       | 400                    | -            | 992,0  |        |
| 9              | -                  | 1,11 | -                 | 1,2321 | 1,11       | 400                    | -            | 444,0  |        |
| 10             | 0,78               | 0,79 | 0,6084            | 0,6241 | 1,57       | 400                    | 155,0        | 159,0  |        |
| 11             | 0,78               | 1,74 | 0,6084            | 3,0276 | 2,52       | 400                    | 96,6         | 480,6  |        |
| 12             | 0,71               | 1,76 | 0,5041            | 3,0976 | 2,47       | 400                    | 81,6         | 501,6  |        |
| Итого:         |                    |      |                   |        |            |                        |              | 3631,2 | 3807,1 |

Баланс земляных работ  $\Delta V = \frac{\sum V_B - \sum V_H}{\sum V_B} \cdot 100\%$ , допустимый баланс земляных масс

в зависимости от назначения площадки должен составлять не более 5%.

Баланс земляных работ для рассмотренного примера составил  $\Delta V = 4,6\%$ .

### Контрольная работа № 2

Цель работы – изучение теоретических вопросов, связанных с геодезическим обеспечением строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Познакомиться с обработкой результатов измерений, выполняемых в процессе теодолитной и тахеометрической съёмок, а также составить и оформить топографический план.

#### Задание 1. Ответы на вопросы по темам 7-12 раздела 2.

Из списка вопросов для самостоятельной работы необходимо составить ответы на *три вопроса*. 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 7, 9 и 11.

Студенты, фамилии, которых начинаются с букв Л, М, Н, ..., Я, отвечают на вопросы к темам 8, 10 и 12.

#### Задание 2. Обработка результатов тахеометрической съёмки с элементами теодолитной съёмки.

По результатам измерений вначале вычисляют координаты и отметки пунктов плано-высотного обоснования (в нашем случае – теодолитный ход). На рабочей схеме теодолитного хода, проложенного между пунктами полигонометрии I и II (рис. 2.1), подписаны значения измеренных горизонтальных углов  $\beta$ , углов наклона  $v$ , наклонных расстояний  $D$ , которые являются общими для всех вариантов.

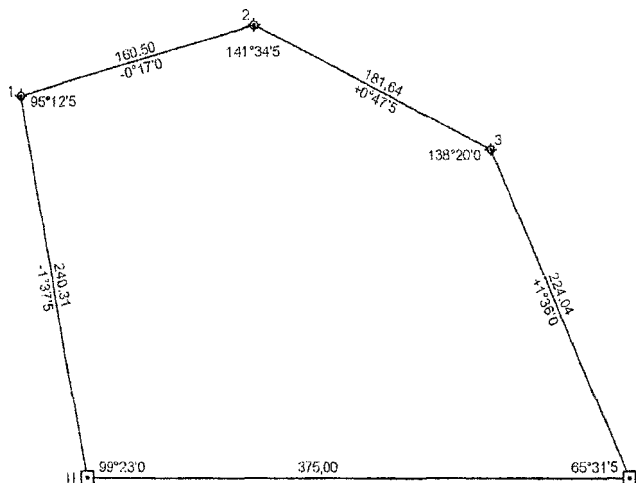


Рисунок 2.1 – Рабочая схема теодолитного хода

**Исходные данные** – координаты и отметки пунктов полигонометрии I и II, а также дирекционный угол линии I-II берут из табл. 2.1 **по номеру варианта**, который соответствует **двум последним цифрам шифра студента**.

Пример: Студент Ивановский – 10 букв; шифр 30619; вариант 19 группа 1. Выбираем из табл.2.1 для варианта 2

$X_I = 540,00$  м;  $Y_I = 900,00$  м;  $X_{II} = 633,75$  м;  $Y_{II} = 536,91$  м;

$H_I = 50,39$  м;  $H_{II} = 49,29$  м;  $\alpha_{I-II} = 284^\circ 28,7'$

Чтобы получить личные исходные данные, **необходимо прибавить в две последние цифры** данных из табл.2.1 **число букв в фамилии**. Исходными данными студента Иванова будут:

– координаты  $X_I = 540,10$  м;  $Y_I = 900,10$  м;  $X_{II} = 633,85$  м;  $Y_{II} = 537,01$  м;

– отметки  $H_I = 50,49$  м;  $H_{II} = 49,39$  м; дирекционный угол  $\alpha_{I-II} = 284^\circ 29,7'$ .

**Таблица 2.1 – Исходные данные к контрольной работе № 2**

| Вариант           | Координаты п.п. I,<br>М |        | Координаты п.п. II,<br>М |        | Отметки, м |          | Дирекционные углы, $\alpha_{I-II}$ |
|-------------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|------------|----------|------------------------------------|
|                   | X                       | Y      | X                        | Y      | $H_I$      | $H_{II}$ |                                    |
| 1                 | 2                       | 3      | 4                        | 5      | 6          | 7        | 8                                  |
| <b>1-я группа</b> |                         |        |                          |        |            |          |                                    |
| 01                | 540,00                  | 900,00 | 671,25                   | 548,71 | 54,78      | 53,68    | 290°29,2'                          |
| 02                | 520,00                  | 520,00 | 875,29                   | 640,00 | 45,36      | 44,26    | 18°39,7'                           |
| 03                | 940,00                  | 760,00 | 565,90                   | 786,19 | 52,82      | 51,71    | 175°59,8'                          |
| 04                | 540,00                  | 900,00 | 607,50                   | 531,12 | 69,71      | 68,61    | 280°22,2'                          |
| 05                | 660,00                  | 940,00 | 645,00                   | 565,30 | 57,82      | 56,72    | 267°42,5'                          |
| 06                | 760,00                  | 480,00 | 775,00                   | 854,70 | 69,72      | 68,62    | 87°42,5'                           |
| 07                | 520,00                  | 520,00 | 871,29                   | 651,25 | 59,80      | 58,70    | 20°29,2'                           |
| 08                | 660,00                  | 940,00 | 603,77                   | 569,25 | 71,65      | 70,55    | 261°22,5'                          |
| 09                | 480,00                  | 660,00 | 840,00                   | 555,02 | 48,96      | 47,86    | 343°44,5'                          |
| 10                | 760,00                  | 480,00 | 800,98                   | 852,75 | 52,91      | 51,81    | 83°43,5'                           |
| 11                | 520,00                  | 520,00 | 883,09                   | 613,75 | 70,91      | 69,81    | 14°28,7'                           |
| 12                | 900,00                  | 880,00 | 554,70                   | 733,75 | 74,58      | 73,48    | 202°57,3'                          |
| 13                | 760,00                  | 480,00 | 827,50                   | 848,88 | 52,58      | 51,48    | 79°37,8'                           |
| 14                | 540,00                  | 900,00 | 622,50                   | 534,18 | 59,84      | 58,74    | 282°42,5'                          |
| 15                | 540,00                  | 900,00 | 686,25                   | 554,70 | 46,76      | 45,66    | 292°57,3'                          |
| 16                | 760,00                  | 480,00 | 786,19                   | 854,10 | 77,29      | 76,19    | 85°59,8'                           |
| 17                | 540,00                  | 900,00 | 660,00                   | 544,71 | 65,64      | 64,54    | 288°39,7'                          |
| 18                | 940,00                  | 760,00 | 565,10                   | 771,25 | 74,38      | 73,28    | 178°16,9'                          |
| 19                | 540,00                  | 900,00 | 633,75                   | 536,91 | 50,39      | 49,29    | 284°28,7'                          |
| 20                | 480,00                  | 660,00 | 852,75                   | 619,02 | 83,46      | 82,36    | 353°43,5'                          |
| 21                | 480,00                  | 660,00 | 854,70                   | 645,00 | 82,33      | 81,23    | 357°42,5'                          |
| 22                | 480,00                  | 660,00 | 854,10                   | 633,81 | 49,84      | 48,74    | 355°59,8'                          |
| 23                | 900,00                  | 880,00 | 559,68                   | 722,50 | 68,43      | 67,33    | 204°50,1'                          |
| 24                | 660,00                  | 940,00 | 540,00                   | 584,71 | 59,53      | 58,43    | 251°20,3'                          |
| 25                | 480,00                  | 660,00 | 854,90                   | 648,75 | 59,28      | 58,18    | 358°16,9'                          |
| 26                | 540,00                  | 900,00 | 644,98                   | 540,00 | 78,43      | 77,33    | 286°15,5'                          |
| 27                | 520,00                  | 520,00 | 894,90                   | 531,25 | 56,73      | 55,63    | 1°43,1'                            |
| 28                | 760,00                  | 480,00 | 906,25                   | 825,30 | 73,72      | 72,62    | 67°02,2'                           |
| 29                | 900,00                  | 540,00 | 780,00                   | 895,29 | 65,81      | 64,71    | 108°39,7'                          |

| 1                 | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8         |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|
| 30                | 940,00 | 760,00 | 584,71 | 880,00 | 65,33 | 64,23 | 161°20,3' |
| 31                | 520,00 | 520,00 | 888,88 | 587,50 | 46,35 | 45,25 | 10°22,2'  |
| 32                | 900,00 | 880,00 | 531,12 | 812,50 | 48,48 | 47,38 | 190°22,2' |
| 33                | 660,00 | 940,00 | 502,50 | 599,68 | 60,78 | 59,68 | 245°09,9' |
| 34                | 540,00 | 900,00 | 551,25 | 525,10 | 55,67 | 54,57 | 271°43,1' |
| 35                | 480,00 | 660,00 | 825,30 | 513,75 | 59,73 | 58,63 | 337°02,7' |
| <b>2-я группа</b> |        |        |        |        |       |       |           |
| 01                | 520,00 | 520,00 | 892,75 | 560,98 | 62,85 | 61,75 | 6°16,5'   |
| 02                | 760,00 | 480,00 | 880,00 | 835,29 | 48,73 | 47,63 | 71°20,3'  |
| 03                | 900,00 | 540,00 | 873,81 | 914,10 | 52,91 | 51,81 | 94°00,2'  |
| 04                | 940,00 | 760,00 | 588,71 | 891,25 | 66,43 | 65,33 | 159°30,8' |
| 05                | 520,00 | 520,00 | 890,75 | 576,23 | 55,68 | 54,58 | 8°37,5'   |
| 06                | 760,00 | 480,00 | 864,98 | 840,00 | 67,28 | 66,18 | 73°44,5'  |
| 07                | 900,00 | 540,00 | 859,02 | 912,75 | 50,85 | 49,75 | 96°16,5'  |
| 08                | 940,00 | 760,00 | 584,71 | 880,00 | 65,33 | 64,23 | 161°20,3' |
| 09                | 900,00 | 880,00 | 525,10 | 868,75 | 57,43 | 56,33 | 181°43,1' |
| 10                | 940,00 | 760,00 | 580,00 | 864,98 | 75,43 | 74,33 | 163°44,5' |
| 11                | 660,00 | 940,00 | 528,75 | 588,71 | 68,72 | 67,62 | 249°30,8' |
| 12                | 480,00 | 660,00 | 848,88 | 592,50 | 59,86 | 58,76 | 349°37,8' |
| 13                | 540,00 | 900,00 | 551,25 | 525,10 | 55,67 | 54,57 | 271°43,1' |
| 14                | 940,00 | 760,00 | 576,91 | 853,75 | 58,89 | 57,79 | 165°31,3' |
| 15                | 660,00 | 940,00 | 648,75 | 565,10 | 68,52 | 67,42 | 268°16,9' |
| 16                | 480,00 | 660,00 | 825,30 | 513,75 | 59,73 | 58,63 | 337°02,7' |
| 17                | 900,00 | 880,00 | 548,71 | 748,75 | 50,82 | 49,72 | 200°29,2' |
| 18                | 760,00 | 480,00 | 853,75 | 843,09 | 60,89 | 59,79 | 75°31,3'  |
| 19                | 900,00 | 540,00 | 843,77 | 910,75 | 68,63 | 67,53 | 98°37,5'  |
| 20                | 660,00 | 940,00 | 540,00 | 584,71 | 59,53 | 58,43 | 251°20,3' |
| 21                | 900,00 | 540,00 | 832,50 | 908,88 | 56,43 | 55,33 | 100°22,2' |
| 22                | 940,00 | 760,00 | 574,18 | 842,50 | 64,43 | 63,33 | 167°17,5' |
| 23                | 660,00 | 940,00 | 555,02 | 580,00 | 48,43 | 47,33 | 253°44,5' |
| 24                | 540,00 | 900,00 | 660,00 | 544,71 | 65,64 | 64,54 | 288°39,7' |
| 25                | 520,00 | 520,00 | 894,70 | 535,00 | 49,49 | 48,39 | 2°17,5'   |
| 26                | 760,00 | 480,00 | 917,50 | 820,32 | 54,51 | 53,41 | 65°09,9'  |
| 27                | 900,00 | 540,00 | 806,25 | 903,09 | 50,89 | 49,79 | 104°28,7' |
| 28                | 940,00 | 760,00 | 576,91 | 853,75 | 58,89 | 57,79 | 165°31,3' |
| 29                | 660,00 | 940,00 | 633,81 | 565,90 | 40,32 | 39,22 | 265°59,8' |
| 29                | 520,00 | 520,00 | 885,82 | 602,50 | 65,82 | 64,72 | 12°42,5'  |
| 30                | 900,00 | 880,00 | 525,90 | 853,81 | 48,47 | 47,37 | 184°00,2' |
| 31                | 480,00 | 660,00 | 835,29 | 540,00 | 79,44 | 78,34 | 341°20,3' |
| 32                | 940,00 | 760,00 | 565,90 | 786,19 | 52,82 | 51,71 | 175°59,8' |
| 33                | 760,00 | 480,00 | 771,25 | 854,90 | 56,47 | 55,37 | 88°16,9'  |
| 34                | 480,00 | 660,00 | 852,75 | 619,02 | 83,46 | 82,36 | 353°43,5' |
| 35                | 900,00 | 880,00 | 554,70 | 733,75 | 74,58 | 73,48 | 202°57,3' |
| <b>3-я группа</b> |        |        |        |        |       |       |           |
| 01                | 520,00 | 520,00 | 894,90 | 531,25 | 56,73 | 55,63 | 1°43,1'   |
| 02                | 760,00 | 480,00 | 842,50 | 845,82 | 45,46 | 44,36 | 77°17,5'  |
| 03                | 900,00 | 540,00 | 817,50 | 905,82 | 69,33 | 68,23 | 102°42,5' |
| 04                | 940,00 | 760,00 | 571,12 | 827,50 | 58,34 | 57,24 | 169°37,8' |
| 05                | 660,00 | 940,00 | 566,25 | 576,91 | 72,38 | 71,28 | 255°31,3' |

| 1                 | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8         |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|
| 06                | 540,00 | 900,00 | 555,00 | 525,30 | 62,29 | 61,19 | 272°17,5' |
| 07                | 520,00 | 520,00 | 888,88 | 587,50 | 46,35 | 45,25 | 10°22,2'  |
| 08                | 900,00 | 540,00 | 806,25 | 903,09 | 50,89 | 49,79 | 104°28,7' |
| 09                | 940,00 | 760,00 | 569,25 | 816,23 | 66,85 | 65,75 | 171°22,5' |
| 10                | 900,00 | 880,00 | 525,10 | 868,75 | 57,43 | 56,33 | 181°43,1' |
| 11                | 900,00 | 880,00 | 525,30 | 865,00 | 63,82 | 62,72 | 182°17,5' |
| 12                | 760,00 | 480,00 | 771,25 | 854,90 | 56,47 | 55,37 | 88°16,9'  |
| 13                | 540,00 | 900,00 | 566,19 | 525,90 | 60,71 | 59,61 | 274°00,2' |
| 14                | 480,00 | 660,00 | 831,29 | 528,75 | 62,27 | 61,17 | 339°30,8' |
| 15                | 900,00 | 880,00 | 525,90 | 853,81 | 48,47 | 47,37 | 184°00,2' |
| 16                | 540,00 | 900,00 | 580,98 | 527,25 | 50,94 | 49,84 | 276°16,5' |
| 17                | 900,00 | 540,00 | 795,02 | 900,00 | 58,38 | 57,28 | 106°15,5' |
| 18                | 940,00 | 760,00 | 567,25 | 800,98 | 49,43 | 48,33 | 173°43,5' |
| 19                | 660,00 | 940,00 | 577,50 | 574,18 | 80,64 | 79,54 | 257°17,5' |
| 20                | 520,00 | 520,00 | 885,82 | 602,50 | 65,82 | 64,72 | 12°42,5'  |
| 21                | 900,00 | 540,00 | 780,00 | 895,29 | 65,81 | 64,71 | 108°39,7' |
| 22                | 660,00 | 940,00 | 592,50 | 571,12 | 68,33 | 67,23 | 259°37,8' |
| 23                | 520,00 | 520,00 | 894,10 | 546,19 | 40,28 | 39,18 | 4°00,2'   |
| 24                | 760,00 | 480,00 | 891,25 | 831,29 | 54,28 | 53,18 | 69°30,8'  |
| 25                | 900,00 | 540,00 | 888,75 | 914,90 | 68,72 | 67,62 | 91°43,1'  |
| 26                | 940,00 | 760,00 | 588,71 | 891,25 | 66,43 | 65,33 | 159°30,8' |
| 27                | 660,00 | 940,00 | 603,77 | 569,25 | 70,63 | 69,53 | 261°22,5' |
| 28                | 900,00 | 540,00 | 753,75 | 885,30 | 50,88 | 49,78 | 112°57,3' |
| 29                | 520,00 | 520,00 | 883,09 | 613,75 | 70,91 | 69,81 | 14°28,7'  |
| 30                | 660,00 | 940,00 | 540,00 | 584,71 | 59,53 | 58,43 | 251°20,3' |
| 31                | 900,00 | 880,00 | 525,30 | 865,00 | 63,82 | 62,72 | 182°17,5' |
| 32                | 940,00 | 760,00 | 574,18 | 842,50 | 64,43 | 63,33 | 167°17,5' |
| 33                | 660,00 | 940,00 | 648,75 | 565,10 | 68,52 | 67,42 | 268°16,9' |
| 34                | 900,00 | 880,00 | 540,00 | 775,02 | 67,48 | 66,38 | 196°15,5' |
| 35                | 480,00 | 660,00 | 840,00 | 555,02 | 48,96 | 47,86 | 343°44,5' |
| <b>4-я группа</b> |        |        |        |        |       |       |           |
| 01                | 900,00 | 880,00 | 527,25 | 839,02 | 55,33 | 54,23 | 186°16,5' |
| 02                | 660,00 | 940,00 | 603,77 | 569,25 | 70,63 | 69,53 | 261°22,5' |
| 03                | 540,00 | 900,00 | 686,25 | 554,70 | 46,76 | 45,66 | 292°57,3' |
| 04                | 480,00 | 660,00 | 850,75 | 603,77 | 62,35 | 61,25 | 351°22,5' |
| 05                | 940,00 | 760,00 | 565,90 | 786,19 | 52,82 | 51,71 | 175°59,8' |
| 06                | 540,00 | 900,00 | 660,00 | 544,71 | 65,64 | 64,54 | 288°39,7' |
| 07                | 540,00 | 900,00 | 671,25 | 548,71 | 54,78 | 53,68 | 290°29,2' |
| 08                | 480,00 | 660,00 | 835,29 | 540,00 | 79,44 | 78,34 | 341°20,3' |
| 09                | 900,00 | 880,00 | 531,12 | 812,50 | 48,48 | 47,38 | 190°22,2' |
| 10                | 660,00 | 940,00 | 619,02 | 567,25 | 57,91 | 56,81 | 263°43,5' |
| 11                | 660,00 | 940,00 | 633,81 | 565,90 | 40,32 | 39,22 | 265°59,8' |
| 12                | 520,00 | 520,00 | 883,09 | 613,75 | 70,91 | 69,81 | 14°28,7'  |
| 13                | 760,00 | 480,00 | 816,23 | 850,75 | 65,72 | 64,62 | 81°22,5'  |
| 14                | 900,00 | 880,00 | 529,25 | 823,77 | 74,61 | 73,51 | 188°37,5' |
| 15                | 480,00 | 660,00 | 843,09 | 566,25 | 54,54 | 53,44 | 345°31,3' |
| 16                | 540,00 | 900,00 | 596,23 | 529,25 | 54,33 | 53,23 | 278°37,5' |
| 17                | 940,00 | 760,00 | 565,30 | 775,00 | 55,63 | 54,53 | 177°42,5' |
| 18                | 900,00 | 880,00 | 536,91 | 786,25 | 45,71 | 44,61 | 194°28,7' |

| 1                 | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8         |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|
| 19                | 520,00 | 520,00 | 880,00 | 624,98 | 52,54 | 51,44 | 16°15,5'  |
| 20                | 900,00 | 880,00 | 534,18 | 797,50 | 57,72 | 56,62 | 192°42,5' |
| 21                | 660,00 | 940,00 | 645,00 | 565,30 | 57,82 | 56,72 | 267°42,5' |
| 22                | 520,00 | 520,00 | 865,30 | 666,25 | 68,38 | 67,28 | 22°57,3'  |
| 23                | 900,00 | 880,00 | 540,00 | 775,02 | 67,48 | 66,38 | 196°15,5' |
| 24                | 940,00 | 760,00 | 565,10 | 771,25 | 74,38 | 73,28 | 178°16,9' |
| 25                | 480,00 | 660,00 | 845,82 | 577,50 | 48,75 | 47,65 | 347°17,5' |
| 26                | 900,00 | 880,00 | 544,71 | 760,00 | 60,65 | 59,55 | 198°39,7' |
| 27                | 520,00 | 520,00 | 892,75 | 560,98 | 62,85 | 61,75 | 6°16,5'   |
| 28                | 760,00 | 480,00 | 880,00 | 835,29 | 48,73 | 47,63 | 71°20,3'  |
| 29                | 900,00 | 540,00 | 832,50 | 908,88 | 56,43 | 55,33 | 100°22,2' |
| 30                | 940,00 | 760,00 | 594,70 | 906,25 | 79,34 | 78,24 | 157°02,7' |
| 31                | 660,00 | 940,00 | 592,50 | 571,12 | 68,33 | 67,23 | 259°37,8' |
| 32                | 480,00 | 660,00 | 845,82 | 577,50 | 48,75 | 47,65 | 347°17,5' |
| 33                | 900,00 | 540,00 | 768,75 | 891,29 | 58,65 | 57,55 | 110°29,2' |
| 34                | 540,00 | 900,00 | 633,75 | 536,91 | 50,39 | 49,29 | 284°28,7' |
| 35                | 900,00 | 540,00 | 795,02 | 900,00 | 58,38 | 57,28 | 105°15,5' |
| <b>5-я группа</b> |        |        |        |        |       |       |           |
| 01                | 520,00 | 520,00 | 894,90 | 531,25 | 56,73 | 55,63 | 1°43,1'   |
| 02                | 760,00 | 480,00 | 906,25 | 825,30 | 73,72 | 72,62 | 67°02,2'  |
| 03                | 900,00 | 540,00 | 888,75 | 914,90 | 68,72 | 67,62 | 91°43,1'  |
| 04                | 660,00 | 940,00 | 502,50 | 599,68 | 60,78 | 59,68 | 245°09,9' |
| 05                | 520,00 | 520,00 | 894,70 | 535,00 | 49,49 | 48,39 | 2°17,5'   |
| 06                | 760,00 | 480,00 | 917,50 | 820,32 | 54,51 | 53,41 | 65°09,9'  |
| 07                | 900,00 | 540,00 | 885,00 | 914,70 | 50,77 | 49,67 | 92°17,5'  |
| 08                | 940,00 | 760,00 | 594,70 | 906,25 | 79,34 | 78,24 | 157°02,7' |
| 09                | 900,00 | 540,00 | 753,75 | 885,30 | 50,88 | 49,78 | 112°57,3' |
| 10                | 660,00 | 940,00 | 513,75 | 594,70 | 45,33 | 44,23 | 247°02,7' |
| 11                | 520,00 | 520,00 | 894,10 | 546,19 | 40,28 | 39,18 | 4°00,2'   |
| 12                | 760,00 | 480,00 | 891,25 | 831,29 | 54,28 | 53,18 | 69°30,8'  |
| 13                | 900,00 | 540,00 | 768,75 | 891,29 | 58,65 | 57,55 | 110°29,2' |
| 14                | 520,00 | 520,00 | 860,32 | 677,50 | 50,82 | 49,72 | 24°50,1'  |
| 15                | 760,00 | 480,00 | 864,98 | 840,00 | 67,28 | 66,18 | 73°44,5'  |
| 16                | 520,00 | 520,00 | 890,75 | 576,23 | 55,68 | 54,58 | 8°37,5'   |
| 17                | 900,00 | 540,00 | 817,50 | 905,82 | 69,33 | 68,23 | 102°42,5' |
| 18                | 940,00 | 760,00 | 565,10 | 771,25 | 74,38 | 73,28 | 178°16,9' |
| 19                | 660,00 | 940,00 | 502,50 | 599,68 | 60,78 | 59,68 | 245°09,9' |
| 20                | 900,00 | 880,00 | 525,10 | 868,75 | 57,43 | 56,33 | 181°43,1' |
| 21                | 540,00 | 900,00 | 566,19 | 525,90 | 60,71 | 59,61 | 274°00,2' |
| 22                | 480,00 | 660,00 | 850,75 | 603,77 | 62,35 | 61,25 | 351°22,5' |
| 23                | 660,00 | 940,00 | 566,25 | 576,91 | 72,38 | 71,28 | 255°31,3' |
| 24                | 940,00 | 760,00 | 567,25 | 800,98 | 49,43 | 48,33 | 173°43,5' |
| 25                | 760,00 | 480,00 | 786,19 | 854,10 | 77,29 | 76,19 | 85°59,8'  |
| 26                | 540,00 | 900,00 | 607,50 | 531,12 | 69,71 | 68,61 | 280°22,2' |
| 27                | 900,00 | 880,00 | 548,71 | 748,75 | 50,82 | 49,72 | 200°29,2' |
| 28                | 660,00 | 940,00 | 528,75 | 588,71 | 68,72 | 67,62 | 249°30,8' |
| 29                | 480,00 | 660,00 | 831,29 | 528,75 | 62,27 | 61,17 | 339°30,8' |
| 30                | 660,00 | 940,00 | 577,50 | 574,18 | 80,64 | 79,54 | 257°17,5' |
| 31                | 900,00 | 880,00 | 529,25 | 823,77 | 74,61 | 73,51 | 188°37,5' |

|    |        |        |        |        |       |       |           |
|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|
| 1  | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8         |
| 32 | 940,00 | 760,00 | 565,30 | 775,00 | 55,63 | 54,53 | 177°42,5' |
| 33 | 540,00 | 900,00 | 671,25 | 548,71 | 54,78 | 53,68 | 290°29,2' |
| 34 | 480,00 | 660,00 | 854,70 | 645,00 | 82,33 | 81,23 | 357°42',5 |
| 35 | 660,00 | 940,00 | 645,00 | 565,30 | 57,82 | 56,72 | 267°42,5' |

### Последовательность выполнения задания 2.

#### 1) Вычисление отметок точек теодолитного хода.

В таблице 2.2. вычислены горизонтальные проложения, превышения, выполнено уравнивание превышений из тригонометрического нивелирования.

При этом содержание граф 1, 2, 3, 4, 5 является общим для всех вариантов. В графе 8 отметки пунктов I и II должны соответствовать варианту и выписываются из граф 6, 7 табл. 2.1.

Так как теодолитный ход опирается на два пункта полигонометрии с известными отметками, высотную невязку вычисляем по формуле

$$f_h = \sum h_{выч} - (H_I - H_{II}).$$

**Таблица 2.2 – Вычисление отметок точек теодолитного хода**

| №№ точек  | Измерен. наклонные расстояния, D, м | Углы наклона V | Горизонтальные проложения d, м | Вычисленные превышения h, м | Поправки, м | Уравненные превышения h, м | Отметки точек H, м |
|---|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|--------------------|
| 1   | 2                                   | 3              | 4                              | 5                           | 6           | 7                          | 8                  |
| II  |                                     |                |                                |                             |             |                            | 35,15              |
| I   | 240,31                              | -1°37',5       | 240,21                         | -6,80                       | -3          | -6,83                      | 28,32              |
| 2   | 160,50                              | -0°17',0       | 160,50                         | -0,80                       | -2          | -0,82                      | 27,50              |
| 3   | 181,64                              | +0°47',5       | 181,62                         | +2,52                       | -2          | +2,50                      | 30,00              |
| I   | 224,04                              | +1°36',0       | 223,95                         | +6,28                       | -3          | +6,25                      | 36,25              |
| Суммы   |                                     |                | L=0,8 км                       | +1,20 м                     | -10 см      | +1,10 м                    |                    |
| Высотная невязка $f_h = +0,10\text{м} = +10\text{см}$ (допустимая $\pm 18\text{см}$ ) |                                     |                |                                |                             |             |                            |                    |

Допустимая невязка в тригонометрическом нивелировании вычисляется по формуле:

$$\text{доп } f_h = \pm 20 \text{ см} \sqrt{L} = \pm 18 \text{ см}, \quad \text{длина хода } L = 0,8 \text{ км}.$$

Следовательно, превышения  $h$  определены с требуемой точностью и невязку, равную +0,10 м, следует распределить во все превышения пропорционально длинам сторон с противоположным знаком. Величины поправок записаны в графе 6.

Сумма уравненных превышений равна теоретической  $\sum h_m = H_I - H_{II}$ .

Отметки вычисляют последовательным алгебраическим сложением отметки предыдущей точки и уравненного превышения. Вычисленная таким образом отметка  $H_i$  должна быть равна данной в табл. 2.1 для соответствующего варианта.

#### 2) Вычисление координат точек теодолитного хода.

Вычисления выполняют в таблице установленной формы, которая называется «Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода» (табл. 2.4). Вначале заполняют графы с известной информацией. В графу 1 записывают номера точек, начи-

ная с исходных, I, II, 1 2, 3, I, II. В графу 2 записывают значения измеренных горизонтальных углов, которые указаны на рабочей схеме теодолитного хода. В графу 4 из табл. 2.1 (графа 8) выписывают исходный дирекционный угол линии I-II в соответствии с вариантом. Из табл. 2.2 (графа 4) переписывают в графу 6 ведомости вычисления координат горизонтальные проложения  $d$ . Наконец, в графы 11 и 12 переписывают координаты точек I и II из табл. 2.1.

Нумерацию точек теодолитного хода обозначаем по ходу часовой стрелки, как показано на рис. 2.1, тогда внутренние измеренные углы будут правые.

Вычисляем практическую сумму измеренных углов  $\Sigma\beta_{изм} = \beta_{1,изм} + \beta_{2,изм} + \dots + \beta_{n,изм}$  и сравниваем ее с теоретической суммой, которая для замкнутого теодолитного хода вычисляется по формуле

$$\Sigma\beta_T = 180^\circ(n - 2),$$

где  $n$  – количество углов (точек) теодолитного хода,  $n = 5$ .

Разность между практической и теоретической суммой горизонтальных углов называют угловой невязкой хода

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_T,$$

которая не должна превышать по абсолютной величине допустимое значение, вычисленное по формуле

$$\text{доп } f_\beta \approx \pm 1' \sqrt{n}.$$

Если полученная невязка  $f_\beta$  не превышает  $\text{доп } f_\beta$ , то её *распределяют поровну с обратным знаком во все измеренные углы*, поправки  $v$  в измеренные углы округляют до  $0,1'$  так, чтобы их сумма была равна невязке  $f_\beta$  с обратным знаком, и вычисляют уравненные углы  $\beta_i^{уп}$  и записывают их в графу 3

$$v = -\frac{f_\beta}{n}; \quad \beta_i^{уп} = \beta_{изм} + v,$$

где  $\beta_{изм}$  – измеренный угол.

Для рассматриваемого примера (табл. 2.3):

$\Sigma\beta_{изм} = 540^\circ 01,5'$ ;  $\Sigma\beta_T = 540^\circ 00'$ ;  $f_\beta = +1,5'$ ;  $\text{доп } f_\beta \approx \pm 1' \sqrt{5} \approx \pm 2,3'$ ;  
сравниваем невязки  $1,5' < 2,3'$ ;

вычисляем поправки в измеренные углы  $v_\beta = -\frac{1,5'}{5} = +0,3'$ .

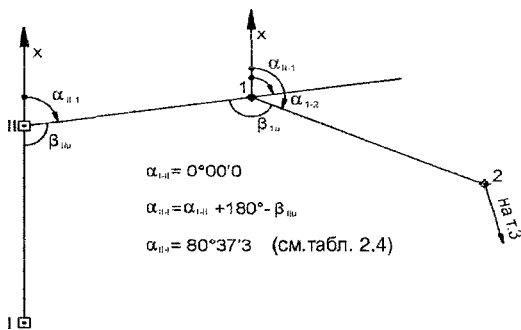
В графе 4 записывают дирекционные углы сторон теодолитного хода, которые характеризуют направления относительно северного направления оси X (рис. 2.2).

Вычисляем дирекционные углы по формуле для правых горизонтальных углов

$$\alpha_{расход} = \alpha_{предыдущ} + 180^\circ - \beta_i^{уп} (\pm 360^\circ),$$

где  $\beta_i^{уп}$  – правый уравненный угол, на точке хода, образованный предыдущей и последующей линиями теодолитного хода.





По определению дирекционный угол не может быть меньше  $0^{\circ}$  и больше  $360^{\circ}$  ( $0^{\circ} < \alpha < 360^{\circ}$ ) и всегда положительный:

– если результат более  $360^{\circ}$ , то от него нужно отнять  $360^{\circ}$ ,

– если результат получается отрицательным, то к нему нужно прибавить  $360^{\circ}$ .

**Рисунок 2.2 – Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода**

Контролем вычисления дирекционных углов является равенство значений вычисленного дирекционного угла и дирекционного угла начальной стороны по исходным данным. В приведенном примере (табл. 2.3)

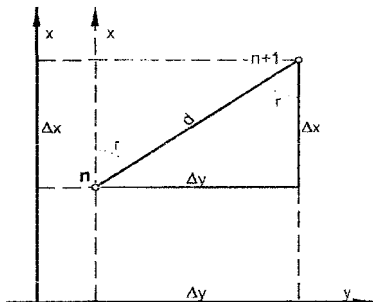
$$\alpha_{II-1} = \alpha_{I, II} + 180^{\circ} - \beta_{II}^{zp} = 0^{\circ}00' + 180^{\circ} - 99^{\circ}22,7' = 80^{\circ}37,3'$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{II-1} + 180^{\circ} - \beta_{1}^{zp} = 80^{\circ}37,3' + 180^{\circ} - 95^{\circ}12,2' = 165^{\circ}25,1' \text{ и т.д.}$$

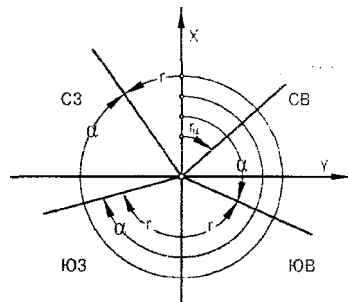
**Вычисление и уравнение приращений координат.** Приращения координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  определяют по формулам прямой геодезической задачи (рис. 2.3):

$$\Delta X_{выч} = d \cdot \cos \alpha; \quad \Delta Y_{выч} = d \cdot \sin \alpha;$$

где  $d$  – горизонтальное проложение стороны теодолитного хода;  $\alpha$  – дирекционный угол либо румб той же линии.



**Рисунок 2.3 – Прямая геодезическая задача**



**Рисунок 2.4 – Схема для вычисления румбов**

В рассматриваемом примере (табл.2.4) румбы вычисляют, используя рис.2.4:

$$\alpha_{II-1} = 80^{\circ}37,3', \text{ значит } r = СВ : 87^{\circ}37,3';$$

$$\alpha_{1-2} = 165^{\circ}25,1', \text{ значит } r = ЮВ : (180^{\circ} - 165^{\circ}25,1') = ЮВ : 14^{\circ}34,9'$$

Вычисленные румбы записывают в графу 4 табл. 2.4 над значениями дирекционных углов. Значения  $\cos \alpha$  и  $\sin \alpha$  находят по таблицам значений тригонометрических функций либо на калькуляторе (до шести знаков после запятой).

При вычислениях на калькуляторе удобно пользоваться значениями дирекционных углов, так как  $\cos \alpha$  и  $\sin \alpha$  имеют знаки «+» или «-», эти же знаки будут иметь и приращения координат.

На калькуляторе необходимо установить угловую размерность – градусы (DEG).

Первоначально минуты необходимо перевести в десятые доли градуса, а потом вычислить значение тригонометрической функции (например,  $\sin \alpha$ ).

$$\text{Например, } \sin(80^{\circ}37,3') = \sin\left(80^{\circ} + \frac{37,3'}{60}\right) = \sin(80,62166667^{\circ}) = 0,986634.$$

Вычисленные приращения  $\Delta X_{\text{выч}}$  и  $\Delta Y_{\text{выч}}$  записывают в графы 7 и 8 табл. 2.4, округляя их до 0,01 м.

**Таблица 2.3 – Связь румбов и дирекционных углов, знаки приращения координат**

| Название четверти<br>Дирекционный угол $\alpha$ | СВ:<br>$0^{\circ} < \alpha < 90^{\circ}$ | ЮВ:<br>$90^{\circ} < \alpha < 180^{\circ}$ | ЮЗ:<br>$180^{\circ} < \alpha < 270^{\circ}$ | СЗ:<br>$270^{\circ} < \alpha < 360^{\circ}$ |
|---|--|--|---|---|
| Числовое значение румба                         | $r = \alpha$                             | $r = 180^{\circ} - \alpha$                 | $r = \alpha - 180^{\circ}$                  | $r = 360^{\circ} - \alpha$                  |
| Знак $\Delta X$                                 | +  | -  | -   | +   |
| Знак $\Delta Y$                                 | +  | +  | -   | -   |

После вычисления приращений координат находят  $\Sigma \Delta X_{\text{выч}}$  и  $\Sigma \Delta Y_{\text{выч}}$  и невязки по осям координат.

**Невязки в приращения координат** определяют по формулам:

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{выч}} - (X_I - X_{II}), \quad f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч}} - (Y_I - Y_{II}).$$

Далее находят **абсолютную** линейную невязку и **относительную** невязку хода:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{L}$$

где  $L$  – длина хода в метрах,  $L = \Sigma d_i$ .

Затем сравнивают относительную невязку хода с допустимой величиной, и если  $f_{\text{отн}} \leq 1/2000$ , то невязки  $f_x$  и  $f_y$  распределяют пропорционально горизонтальным проложениям сторон теодолитного хода, поправки находят по формулам:

$$V_{\Delta X_i} = \frac{-f_x \cdot d_i}{L}; \quad V_{\Delta Y_i} = \frac{-f_y \cdot d_i}{L} \quad \text{и округляют до 0,01 м.}$$

**Вычисление уравненных приращений координат.** Для этого алгебраически складывают вычисленные приращения с поправками (знаки приращений координат и поправки учитывают)

$$\Delta X_{\text{ур}} = \Delta X_{\text{выч}} + V_{\Delta X}; \quad \Delta Y_{\text{ур}} = \Delta Y_{\text{выч}} + V_{\Delta Y}.$$

В примере табл. 2.3  $\Sigma \Delta X_{\text{выч}} = -0,10 \text{ м}$ ;  $\Sigma \Delta Y_{\text{выч}} = +0,16 \text{ м}$ ;  $f_{\text{абс}} = 0,18 \text{ м}$ ;

$$f_{\text{отн}} = \frac{0,18}{806} = \frac{1}{4478} \approx \frac{1}{4500} < \frac{1}{2000}.$$

Таблица 2.4 – Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

| №№ точек | Измерен. горизонт. углы, поправки<br>0' | Уравненные горизонт. углы<br>0' | Дирекционные углы румбы.<br>r<br>0'       | Cos α<br>Sin α         | Горизонтальное проложение<br>d, м | Приращения координат      |                  |                  |                   | Координаты точек, м |        |
|----------|---|---------------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|--------|
|          |   |                                 |   |                        |                                   | вычисленные и поправки, м |                  | уравненные, м    |                   |                     |        |
|          |   |                                 |   |                        |                                   | Δx                        | Δy               | Δx               | Δy                | x                   | y      |
| 1        | 2                                       | 3                               | 4   | 5                      | 6                                 | 7                         | 8                | 9                | 10                | 11                  | 12     |
| I        | -0',3                                   |                                 | Исх. знач. α <sub>1...n</sub><br>0° 00',0 |                        |                                   |                           |                  |                  |                   |                     |        |
| II       | 99°23',0                                | 99°22',7                        |   | +0,162953<br>+0,986634 |                                   |                           | +0,03<br>+39,14  | -0,05<br>+237,00 | +39,17<br>+236,95 | 875,00              | 500,00 |
| 1        | -0',3                                   | 95° 12',2                       | СВ: 80°37',3<br>80°37',3                  |                        |                                   |                           |                  |                  |                   | 914,17              | 736,95 |
|          | 95°12',5                                |                                 | ЮВ: 14°34',9<br>165°25',1                 | -0,967790<br>+0,251760 | 160,50                            |                           | +0,02<br>-155,33 | -0,03<br>+40,40  | -155,31<br>+40,37 |                     |        |
| 2        | -0',3                                   | 141°34',2                       | ЮЗ: 23°50',9<br>203°50',9                 | -0,914619<br>-0,404317 | 181,62                            |                           | +0,02<br>-166,11 | -0,04<br>-73,43  | -166,09<br>-73,47 | 758,86              | 777,32 |
| 3        | -0',3                                   | 138°19',7                       | ЮЗ: 65°31',2<br>245°31',2                 | -0,414376<br>-0,910106 | 223,95                            |                           | +0,03<br>-92,80  | -0,04<br>-203,81 | -92,77<br>-203,85 | 592,77              | 703,85 |
| I        | -0',3                                   | 65°31',2                        |   |                        | 375,0                             |                           |                  |                  |                   | 500,00              | 500,00 |
| II       |   |                                 | 0°00',0                                   |                        |                                   |                           | ΣΔx = -0,10      | ΣΔy = +0,16      |                   |                     |        |

$$\sum \beta_n = 540^\circ 01',5 \quad \sum \beta_n = 540^\circ 00',0$$

$$L = 806 \text{ м}$$

$$\sum \beta_m = 540^\circ 00',0 \quad f_{\beta} = +1,5'$$

$$f_x = -0,10 \text{ м}; \quad f_y = +0,16 \text{ м};$$

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

$$f_{\beta \text{ доп.}} = 2t \sqrt{n} = \pm 2,3'$$

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

Суммы поправок равны невязкам с обратным знаком, т.е.

$$\Sigma V_x = +0,03 + 0,02 + 0,02 + 0,03 = +0,10 = -f_x;$$

$$\Sigma V_y = -0,05 - 0,03 - 0,04 - 0,04 = -0,16 = -f_y.$$

Уравненные приращения координат  $\Delta X_{ур.}$ ,  $\Delta Y_{ур.}$  записывают в графы 9 и 10 табл. 2.4.

Контроль – сумма уравненных приращений координат должна быть равна разности исходных координат конечной и начальной точек теодолитного хода:

$$\Sigma \Delta X_{ур.} = X_f - X_n; \quad \Sigma \Delta Y_{ур.} = Y_f - Y_n.$$

**Координаты** точек теодолитного хода вычисляют последовательно, начиная с исходных координат пункта II, по формулам:

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

где  $X_{i+1}$  и  $X_i$  – абсциссы соответственно последующей и предыдущей точек;

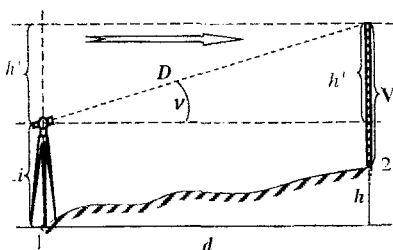
$Y_{i+1}$  и  $Y_i$  – ординаты последующей и предыдущей точек;

$\Delta X_{ур.}$  и  $\Delta Y_{ур.}$  – уравненные приращения координат из граф 11 и 12 табл.2.4.

Контролем правильности вычисления координат точек теодолитного хода является равенство вычисленных и исходных координат пункта I.

### 3) Обработка результатов тахеометрической съемки

Для облегчения вычисления отметок точек в тахеометрическом журнале (табл.2.5) вашему вниманию предлагается пояснительный рис. 2.5.



Формулы тригонометрического нивелирования

$$h + V = h' + i \quad \text{или}$$

$$h = h' + i - V.$$

При известном горизонтальном расстоянии  $d$  получим неполное превышение

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} v \quad \text{или} \quad h' = \frac{D}{2} \cdot \sin 2v.$$

Таким образом,  $h = \frac{D}{2} \cdot \sin 2v + i - V.$

Рисунок 2.5 – Схема тригонометрического нивелирования

На стр. 37 представлен журнал тахеометрической съемки (табл. 2.5), в котором результаты съемки в графах 1, 2, 3 и 4 являются одинаковыми для всех вариантов. Отметку точки I (станции), с которой выполнена съёмка, необходимо выписать из табл. 2.1 в соответствии с вариантом.

Так как съёмка выполнена теодолитом 2Т30, то место нуля вертикального круга (сокращенно МО) необходимо вычислить по формуле

$$MO = \frac{KП + KИИ}{2},$$

где КП – отсчет при визировании на точку при положении вертикального круга слева;

КИИ – отсчет при положении вертикального круга справа при визировании на ту же точку.

Отсчеты по вертикальному кругу для всех вариантов одинаковы:

$$КП = 2^{\circ}12' \quad \text{и} \quad КИИ = 2^{\circ}10'$$

Так как тахеометрическая съемка всегда выполняется при *круге лево*, то углы наклона (графа 6) вычисляются по формуле

$$v = KЛ - MO,$$

где КЛ – отсчет по вертикальному кругу из графы 5.

В табл.2.5 записывают результаты вычислений: горизонтальное проложение  $d$ , неполное превышение  $h'$ , разность высоты инструмента  $i$  и высоты наведения  $V$ , превышение  $h$  и отметку  $H$  реечной точки.

В шапках граф табл. 2.5 представлены формулы для вычислений. При вычислениях следует соблюдать правило: знак неполного превышения  $h'$  такой же, как и знак угла наклона  $v$ .

Высота визирования  $V$ , как правило, соответствует высоте теодолита  $i$ . Но если есть препятствие, то наводят на  $V > i$ . Это учитывают при вычислении превышений ( $h = h' + i - V$ ).

**Таблица 2.5 – Журнал тахеометрической съемки**

| Станция I $i = 1,59$ м $H_{ст I} = 36,25$ м (из табл.2.2 по варианту) $MO = 0^{\circ}01'$ $KЛ = 2^{\circ}12'$<br>Ориентирование лимба горизонтального круга ( $0^{\circ}00'$ ) на п.п. II $KП = -2^{\circ}10'$ |                                |                                     |                            |                             |                               |  |  |         |                                |                            |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|--|---------|--------------------------------|----------------------------|
| Наименование<br>реечных точек  | Высота наведе-<br>ния $V$ , м. | Дальномерное<br>расстояние. $D$ , м | Отсчеты                    |                             | Угол наклона<br>$v = BK - MO$ | Горизонтальное<br>проложение<br>$d = D \cdot \cos v$ | Неполное<br>превышение<br>$h' = 0,5D \cdot \sin(2v)$ | $i - V$ | Превышение<br>$h = h' + i - V$ | Отметка<br>$H_p = H_c + h$ |
|  |                                |                                     | горизонтальн.<br>круг (ГК) | вертикальн.<br>круг ВК (КЛ) |                               |  |  |         |                                |                            |
| 1  | 2                              | 3                                   | 4                          | 5                           | 6                             | 7  | 8  | 9       | 10                             | 11                         |
| 1  | 1,59                           | 67,0                                | 42°30'                     | -1°49'                      | -1°50'                        | 66,93  | -2,14  | 0       | -2,14                          | 33,11                      |
| 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  | 2,50                           | 156,0                               | 31°10'                     | -1°40'                      |                               |  |  |         |                                |                            |
| 7  | 1,59                           | 125,0                               | 42°30'                     | -1°39'                      |                               |  |  |         |                                |                            |
| 8  | 1,59                           | 106,0                               | 57°10'                     | -1°51'                      |                               |  |  |         |                                |                            |

Помимо журнала тахеометрической съемки (табл. 2.5), в методических указаниях приводится выписка их тахеометрических журналов для остальных точек (станций) с целью уменьшить количество вычислений (табл. 2.6).

В табл.2.6 следует в графу 5 записать отметки станций из табл. 2.2, которые вычислены для своего варианта, и вычислить отметки реечных точек (графа 6).

**Таблица 2.6 – Выписка из тахеометрического журнала**

| №№<br>точек | Отсчеты<br>по горизонтальн.<br>кругу | Горизонтальные<br>проложения<br>$d$ , м | Превышения<br>$h$ , м | Отметки $H$ , м |                  |
|-------------|--------------------------------------|---|-----------------------|-----------------|------------------|
|             |                                      |   |                       | станций         | реечных<br>точек |
| 1           | 2                                    | 3                                       | 4                     | 5               | 6                |
| Станция 3   |                                      |   |                       | Например, 30,00 |                  |
| п.п. I      | 00°00'                               |   |                       |                 |                  |
| 9           | 10°20'                               | 84,0                                    | +1,86                 |                 | 31,86            |
| 10          | 29°00'                               | 90,0                                    | +1,74                 |                 | 31,74            |
| 11          | 51°20'                               | 103,7                                   | +1,66                 |                 |                  |

| 1                 | 2        | 3      | 4     | 5 | 6 |
|-------------------|----------|--------|-------|---|---|
| 12                | 74°30'   | 116,4  | +1,65 |   |   |
| 13                | 69°30'   | 77,8   | +1,08 |   |   |
| 14                | 39°20'   | 53,2   | +1,25 |   |   |
| 15                | 105°00'  | 65,0   | -0,56 |   |   |
| 16                | 96°00'   | 102,0  | +0,25 |   |   |
| 17                | 124°30'  | 111,0  | -1,25 |   |   |
| 18                | 133°10'  | 83,2   | -1,42 |   |   |
| 19                | 157°20'  | 52,6   | -1,25 |   |   |
| 20                | 152°30'  | 112,8  | -2,64 |   |   |
| 21                | 138° 00' | 138,0  | -2,70 |   |   |
| <b>Станция 2</b>  |          |        |       |   |   |
| T.3               | 0° 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  |   |   |
| <b>Станция 1</b>  |          |        |       |   |   |
| 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 |   |   |
| <b>Станция II</b> |          |        |       |   |   |
| 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 |   |   |

**Задание 3. Построить топографический план и оформить его в соответствии с действующими условными знаками.**

План теодолитной съемки составляется в масштабе 1:2000 и выполняется в следующей последовательности.

– *На листе ватмана формата А3 (или А-2) при помощи измерителя и масштабной линейки надо построить координатную сетку со стороной 10 см. С помощью длинной линейки твердым (2Т) карандашом на листе проводят диагонали. От точки пе-*

ресечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки (20 см), оставляя зарамочные поля 2-3 см (рис. 3.1). Концы отрезков соединяют прямыми линиями, на сторонах полученного прямоугольника (от нижнего левого угла) откладывают при помощи измерителя и масштабной линейки отрезки длиной 10,00 см. Соединив, соответствующие точки на противоположных сторонах прямоугольника получают сетку квадратов. Контроль правильности построения координатной сетки осуществляют сравнением длин диагоналей квадратов. Расхождения не должны превышать 0,2 мм. Все вспомогательные линии вначале нужно проводить карандашом тонкими линиями.

– **Выполнить оцифровку координатной сетки**, начиная с нижнего левого угла в соответствии с координатами точек теодолитного хода (табл. 2.3), так чтобы подписи были кратны  $200 \text{ м} = 0,2 \text{ км}$  для масштаба 1:2000 (рис. 3.1). Здесь следует помнить, что ось X направлена с юга на север (снизу вверх), а ось Y – с запада на восток (слева направо). В зависимости от вычисленных координат лист ватмана располагают горизонтально или вертикально.

– **Нанести по координатам точки теодолитного хода.**

Точки хода наносят на план по координатам (табл. 2.3. графа 11, 12) с помощью измерителя и масштабной линейки.

На образце рис. 3.1 подписи координатной сетки соответствуют масштабу 1:2000 и координатам точек табл. 2.4.

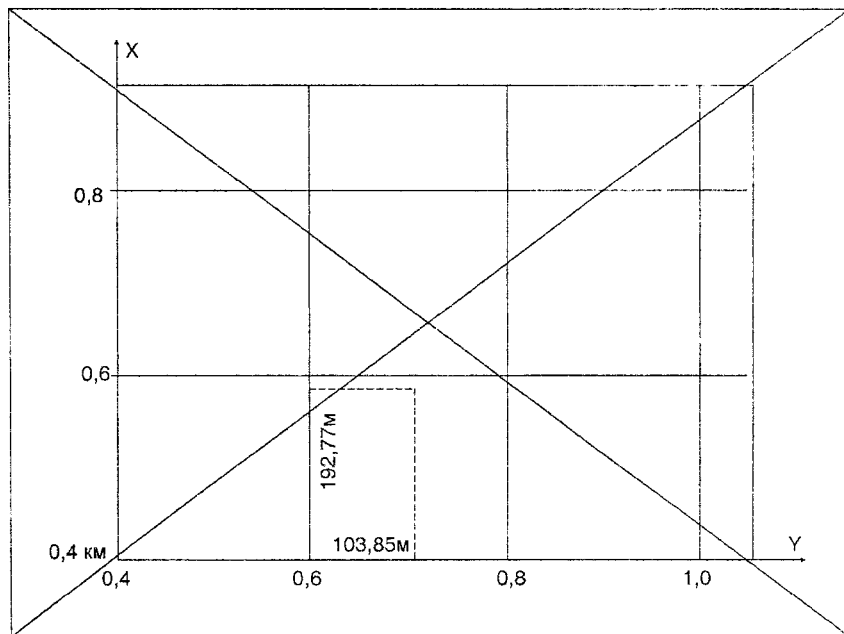


Рисунок 3.1 – Построение координатной сетки для плана масштаба 1:2000

При нанесении точек теодолитного хода находят квадрат, в котором должна располагаться данная точка, например точка 3 теодолитного хода с координатами  $X_2=592,77,84$  м и  $Y_2=703,85$  м. От точек пересечения координатной сетки по сторонам квадрата откладываем отрезки по оси X значение 192,77 м, а по оси Y – 103,85 м. Таким образом, наносим точку 3, как показано на рис. 3.1. Каждую точку накалывают и обводят кружком диаметром 1,5 мм. Аналогично выполняют построение всех других точек. Правильность нанесения точек теодолитного хода контролируют измерением расстояний между ними, сравнивая со значениями в графе 6. Расхождения не должны быть более 0,2 мм на плане.

– **Используя абрис** (рис. 3.2), на план наносят ситуация: здание, стройплощадку, дорогу, ЛЭП и контуры растительности. При этом углы наносятся геодезическим транспортом, а значения линейных элементов берут по масштабной линейке и откладываются измерителем. *Первоначально план выполняется в карандаше.*

Исходными данными для нанесения на план точек тахеометрической съёмки являются отсчеты по горизонтальному кругу, горизонтальные проложения и вычисленные отметки речных точек из табл. 2.5 и 2.6.

После нанесения речных точек на план подписывают (правее нанесённой точки) их отметки и приступают к построению рельефа (горизонталей).

**Задание.** Построить рельеф горизонталями на одной части топографического плана.

**Вариант А.** Студенты, последняя цифра шифра которых чётная, используют материал тахеометрической съёмки, выполненной со станции п.п.I и точки 3.

**Вариант Б.** Студенты, последняя цифра шифра которых нечётная, используют материал тахеометрической съёмки, выполненной со станций п.п.II и точек 1, 2.

Для рисовки рельефа горизонталями необходимо по линиям, соединённым стрелками на абрисе-кроки (рис. 3.2), выполнить **интерполирование**, то есть найти точки, отметки которых кратны 1 м (высоте сечения). Для этого используют графический способ (палетку), как в контрольной работе №1 (см. рис.1.3 и 1.4). Полученные при интерполировании точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями (горизонталями), которые не следует проводить по объектам, а прерывать.

Горизонтали с отметками, кратными пяти высотам сечения (5м), проводят несколько утолщенными и подписывают (см. рис. 3.3). При этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения рельефа. Все подписи отметок речных точек и точек съёмочного обоснования должны быть ориентированы верхом на север.

Рамка плана представлена внутренней тонкой линией, на расстоянии 12,8 мм от неё проводят наружную линию толщиной 1,2 мм. Между линиями рамки подписывают координатную сетку, указывая значения X и Y в километрах.

*При оформлении плана строго соблюдают **условные знаки** [7] и используют **ручки черного, зелёного и коричневого цветов.***



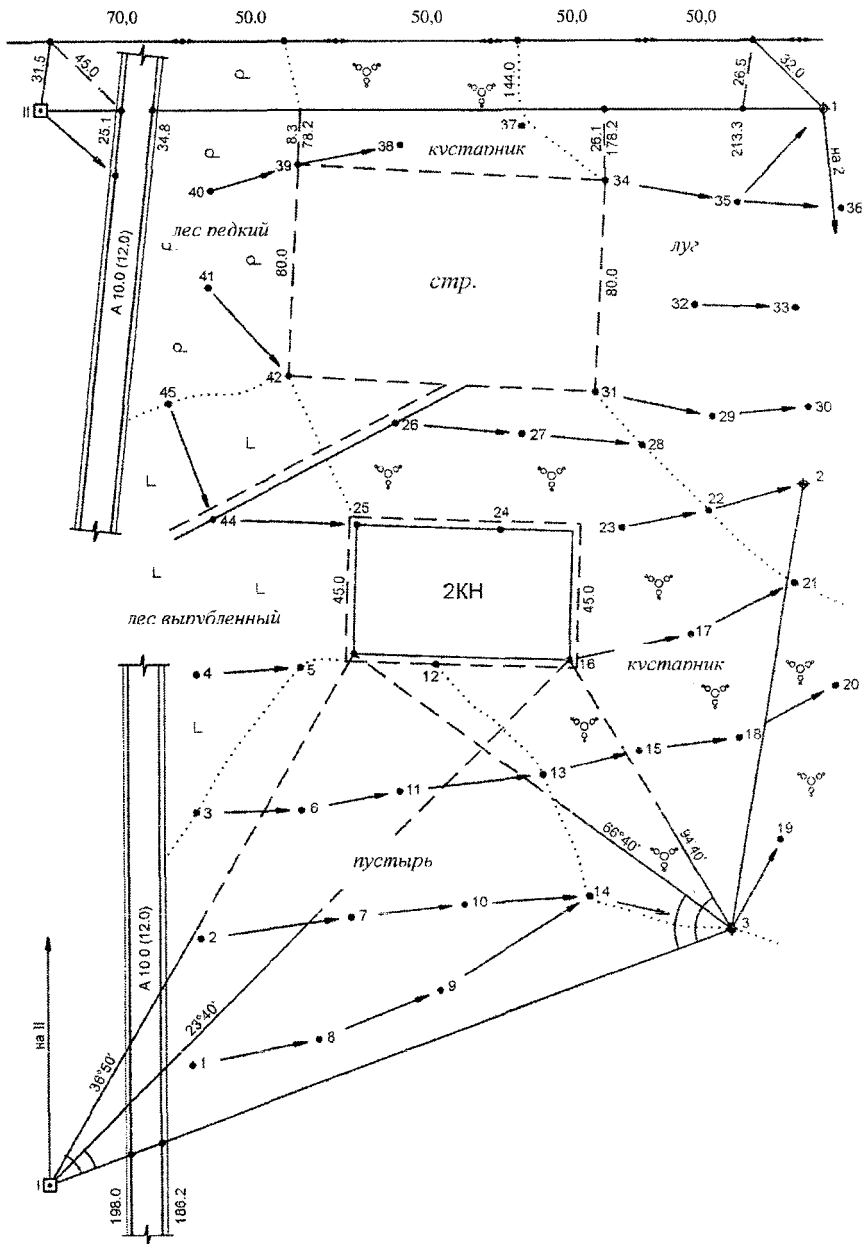


Рисунок 3.2 – Абрис теодолитной и тахеометрической съёмки



### Вопросы для подготовки к экзамену (зимняя сессия)

1. Геодезия и ряд научных дисциплин, выделившихся из нее в процессе развития науки. Задачи инженерной геодезии.

2. Фигура Земли и ее размеры. Уровенная поверхность. Земной эллипсоид. Геоид. Референц-эллипсоид Красовского.

3. Системы координат (географическая; пространственных прямоугольных координат; плоских прямоугольных координат) и высот (Балтийская, условная для отдельного строительства), применяемые в геодезии. Понятие государственной и местной системы координат.

4. Топографические карты и планы: определение, назначение и классификация. Преимущества цифровой модели местности при составлении инженерно-топографических планов для целей проектирования инженерных сооружений.

5. Ориентирование на местности: дирекционные углы, румбы, истинный и магнитный азимуты, связь между ними.

6. Виды геодезических измерений (углы, длины линий, превышения, приращения координат) и приборы для выполнения измерений (теодолит, нивелир, мерные приборы, светодальномер, кипрегель, тахеометры).

7. Погрешности геодезических измерений: средняя квадратическая, предельная (допустимая), арифметическое среднее, относительная.

8. Теодолит. Классификация по точности и конструкции. Устройство и поверки. Способы измерения горизонтальных и вертикальных углов.

9. Плановые геодезические сети: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, линейно-угловая сеть, строительная сетка, теодолитный ход, спутниковая геодезическая сеть.

10. Нивелир. Классификация по точности и конструкции. Устройство и поверки. Способы нивелирования (геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое, барометрическое.)

11. Классификация геометрического нивелирования по точности. Значения допустимых невязок в ходах геометрического нивелирования, согласно *Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов*. Высотные (нивелирные сети). Методы геометрического («из середины», «вперед»).

12. Измерение превышений между точками по шашечным рейкам. Последовательность работы на станции в техническом нивелировании и соблюдение допусков. Вычисление высотной невязки в нивелирном ходе, уравнивание превышений и вычисление высот точек хода.

13. Сущность тригонометрического, гидростатического и барометрического нивелирования, сфера их применения.

14. Линейные измерения (мерные приборы, нитяной дальномер, светодальномер, лазерные рулетки). Введение поправок в результаты линейных измерений.

15. Электронный тахеометр. Сфера его применения. Прикладные программы. Преимущества использования.

16. Нивелирование поверхности по квадратам. Вертикальная планировка горизонтальной и наклонной площадей. Построение плана организации рельефа и картограммы земляных работ. Подсчет объемов земляных работ.

17. Этапы выполнения геодезических работ в строительстве.

### Образцы экзаменационных задач (зимняя сессия)

1. Каково горизонтальное расстояние между точками 1 и 2, если их отметки соответственно 145,08 м и 163,52 м, а уклон по линии 1-2 равен +24 %?

2. Найти отметку точки 2, если уклон по линии 1-2 равен -35 %, расстояние между точками 143,50 м, а отметка точки 1 равна 128,258 м.

3. Каково наклонное расстояние между двумя точками, если их отметки  $H_1=135$  м,  $H_2 = 129$  м, а уклон по линии  $-20\%$ ?

4. В треугольнике ABC геометрическим нивелированием технической точности определены два превышения:  $h_{AB} = +538$  мм,  $h_{BC} = -1124$  мм. Какова должна быть величина превышения  $h_{CA}$ , если невязка в нивелирном ходе равна  $+13$  мм. В допуске ли высотная невязка?

5. При нивелировании «из середины» по линии 1-2 задний отсчет по рейке был 1684, а передний равен 1940. Отметка точки 1 равна 121,680 м. Определить отметку точки 2.

6. При нивелировании по линии 1-2 отсчет по рейке на заднюю точку был  $З = 1551$  мм, на переднюю равен  $П = 2480$  мм. При смене высоты инструмента на заднюю точку был получен новый отсчет  $З' = 1534$  мм, а на переднюю  $П' = 2467$  мм. Вычислить значения превышений из технического нивелирования и сделать вывод о качестве измерений.

7. При нивелировании «вперед» измерена высота инструмента  $i = 1,52$  м, отсчет по рейке, установленной на определяемой точке, равен 1785 мм. Определить горизонт инструмента и отметку точки, если нивелир установлен над репером с отметкой 133,558 м.

8. Определить горизонт инструмента нивелира, если известна отметка точки А: 124,680 м и отсчеты по рейке (1348 мм и 6148 мм), установленной в точке А. Рейка с какой разностью пятков использовалась?

9. Сумма измеренных превышений по результатам технического нивелирования составила  $\sum h = 2234$  мм. Отметки начальной и конечной точек нивелирного хода таковы: 115,341 м и 117,570 м, а длина хода 0,9 км. Определить высотную невязку хода. В допуске ли она?

10. В квадрате ABCD со стороной 40 м имеем рабочие отметки  $+0,60$  м;  $-0,42$  м;  $-0,12$  м;  $+0,35$  м соответственно. Сделать схему и рассчитать линию нулевых работ в данной фигуре.

11. При расстоянии до точки нулевых работ от отрицательной рабочей отметки  $x=31,50$  м, рабочие отметки относятся как  $\frac{h_r}{h_p} = 3$ . Найти расстояние между начальной и конечной точками.

12. Рабочие отметки на концах линии 1-2 длиной 40 м соответственно равны  $+0,43$  м и  $-0,15$  м. Определить уклон по линии 1-2.

13. Вычислить коллимационную погрешность теодолита, если отсчеты по горизонтальному кругу таковы:  $КП = 46^\circ 38'$ ,  $КП = 226^\circ 42'$ . Сделать вывод о допустимости её величины.

14. Вычислить угол наклона  $v$  и место нуля МО, если отсчеты по вертикальному кругу теодолита  $КП = -13^\circ 35'$ ,  $КП = 13^\circ 32'$ .

15. Вычислить значение горизонтального (острого) угла 1-2-3 из двух полуприемов и сделать вывод о качестве измерений. Отсчеты на точку 1 –  $КП = 40^\circ 28'$ ;  $КП = 220^\circ 30'$ ; а на точку 3 –  $КП = 97^\circ 40'$ ;  $КП = 277^\circ$ .

16. Каково расстояние от прибора до точки при его измерении нитяным дальномером, если отсчет по верхней дальномерной нити 1431 мм, а по средней нити – 1200 мм.

17. Каков должен быть отсчет по верхней дальномерной нити, чтобы при отсчете по нижней нити, равном 1260, расстояние до определяемой точки было 31,6 м.

18. Определить горизонтальное проложение, если наклонное расстояние, измеренное светодальномером, равно 154,525 м; а угол наклона равен  $V = +3^\circ 30'$

19. Известна измеренная длина линии  $D = 128$  м и превышение между её началом и концом  $h=2,1$  м. Определить горизонтальное проложение этой линии.

20. Дан румб линии АВ, равен СЗ:  $28^\circ 12'$ . Определить дирекционный угол и истинный азимут линии АВ, если сближение меридианов – восточное  $3^\circ 29'$ .

21. Известен дирекционный угол линии  $97^\circ 40'$ , западное сближение меридианов  $2^\circ 30'$  и западное склонение магнитной стрелки  $6^\circ 15'$ . Определить истинный и магнитный азимуты.

22. Дирекционный угол линии АВ равен  $138^\circ 32'$ . Определить обратный дирекционный угол, а также румбы прямого и обратного направлений.

23. Дирекционные углы линий 1-2 и 2-3 соответственно равны  $88^{\circ}31'$  и  $164^{\circ}50'$ . Определить угол (правый) между линиями 1-2 и 2-3. Сделать схему для пояснения.

24. Дирекционный угол предыдущей линии 1-2 равен  $84^{\circ}15'$ , левый по ходу горизонтальный угол между предыдущей и последующей линиями составил  $125^{\circ}39'$ . Вычислить дирекционный угол последующей линии 2-3 и пояснить решение схематически.

### **Вопросы для подготовки к зачету (летняя сессия)**

1. Геометрическое нивелирование, сфера его применения в строительстве.
2. Способы измерения горизонтальных и вертикальных углов.
3. Средства линейных измерений, их точность и сфера применения.
4. Методы топографических съёмок (теодолитная, тахеометрическая, мензурная, аэрофотосъёмка, фототеодолитная съёмка, нивелирование поверхности), сущность и сфера применения каждого метода.
5. Методы создания плано-высотного съёмочного обоснования (полигонометрические и теодолитные хода; геометрическое и тригонометрическое нивелирование).
6. Теодолитная съёмка (сущность, способы определения планового положения точек, абрис).
7. Тахеометрическая съёмка (порядок работы на станции с помощью теодолита). Отличие тахеометрической съёмки от теодолитной съёмки.
8. Особенности и преимущества тахеометрической съёмки, выполненной электронным тахеометром.
9. Математическая обработка теодолитного хода (вычисление угловой невязки и уравнивание измеренных горизонтальных углов, определение дирекционных углов и румбов, вычисление приращений координат и их уравнивание, определение абсолютной и относительной погрешностей теодолитного хода, значение допустимой относительной невязки).
10. Математическая обработка высотного съёмочного хода: вычисление превышений из тригонометрического нивелирования, вычисление высотной невязки, уравнивание превышений и вычисление отметок точек.
11. Обработка журнала тахеометрической съёмки (вычисление углов наклона, горизонтальных проложений, превышений и отметок реечных точек).
12. Построение топографического плана по результатам теодолитной и тахеометрической съёмки (построение координатной сетки, нанесение на план точек теодолитного хода и реечных точек, проведение горизонталей на плане, оформление плана).
13. Съёмка подземных коммуникаций. Приборы индуктивного поиска.
14. Состав геодезических работ в строительный период и при эксплуатации зданий и сооружений.
15. Инженерные изыскания: экономические и виды технических изысканий. Состав работ при выполнении инженерно-геодезических изысканий. Геодезическое обеспечение других видов технических изысканий.
16. Трассирование линейных сооружений. Проложение магистрального теодолитного хода. Разбивка пикетов по трассе, ведение пикетажного журнала. Расчет элементов кривых (Т, К, Б, Д) и пикетажа главных точек кривых. Нивелирование вдоль трассы линейного сооружения с целью составления продольного и поперечного профилей.
17. Генеральный план, его содержание.
18. Элементы разбивочных работ (построение проектного угла, расстояния, вынесение проектной отметки, построение линии заданного уклона).
19. Разбивка на местности главных и основных осей зданий и сооружений (способы разбивки и закрепление осей).

20. Аналитический расчет разбивочных элементов по формулам обратной геодезической задачи и построение разбивочных чертежей по выносу осей на местность.
21. Геодезическое обеспечение строительства подземной и надземной части зданий.
22. Исполнительные съемки в процессе строительства, их назначение и содержание.
23. Геодезические методы наблюдений за деформациями инженерных сооружений (способы определения осадок, горизонтальных смещений, кренов и допуски).
24. Лазерное сканирование. Сфера применения и преимущества данного метода съемки.

### Образцы зачетных задач (летняя сессия)

1. Известен дирекционный угол линий  $\alpha = 95^{\circ}20'$ , сближение меридианов  $\gamma = +2^{\circ}30'$ , и склонение магнитной стрелки  $\delta = -6^{\circ}15'$ , Определить истинный и магнитный азимуты.
2. Известен прямой дирекционный угол линии А-В  $257^{\circ}30'$ . Определить румб этой линии и дирекционный угол обратного направления.
3. Известен дирекционный угол линии  $135^{\circ}17'$  и восточное сближение меридианов равное  $3^{\circ}45'$ . Определить истинный азимут этой линии.
4. Дирекционный угол предыдущей линии 1-2 равен  $102^{\circ}31'$ , левый (либо правый) по ходу угол между предыдущей и последующей линиями  $68^{\circ}15'$ . Определить дирекционный угол последующей линии 2-3.
5. Дан румб линии ЮЗ:  $46^{\circ}03'$ . Определить прямой и обратный дирекционные углы.
6. Дирекционные углы предыдущей линии 1-2 и последующей 2-3 соответственно равны  $172^{\circ}30'$  и  $58^{\circ}48'$ . Определить угол между предыдущей и последующей линиями.
7. Определить абсолютную и относительную невязку теодолитного хода, если известны невязки по осям координат  $f_x = 0,08$  м;  $f_y = 0,20$  м. Длина хода  $769,30$  м. В допуске ли невязки?
8. Определить величину угловой невязки  $f_{\beta}$ , её знак и допустимость в замкнутом теодолитном ходе, имеющем 6 вершин, если сумма измеренных внутренних углов  $719^{\circ}58,6'$ .
9. Сумма измеренных превышений по результатам технического нивелирования составила  $\sum h = -1258$  мм. Отметки начальной и конечной точек нивелирного хода таковы:  $142,525$  м и  $142,250$  м, а длина хода  $0,72$  км. Определить высотную невязку хода. В допуске ли она?
10. Вычислить координаты точки 2, если известны координаты точки 1  $X_1 = 250,10$  м.;  $Y_1 = 306,17$  м; горизонтальное проложение линии 1-2  $59,82$  м, дирекционный угол линии 1-2 равен  $123^{\circ}00'$ .
11. Координаты точек А и В известны:  $X_A = 800,00$  м;  $Y_A = 220,00$  м;  $X_B = 300,00$  м;  $Y_B = 600,00$  м. Определить тангенс румба линии АВ и дирекционный угол этой линии либо горизонтальное проложение линии АВ.
12. Дана точка А с отметкой  $124,034$  м. Требуется на расстоянии  $185,38$  м определить отметку точки В, если уклон линии АВ равен  $9,6\%$ .
13. Отметка рабочего репера  $86,235$  м. Требуется вынести точку В с проектной отметкой  $85,90$  м от рабочего репера. Рассчитать проектный отсчет по рейке, если отсчет по рейке, установленной на репере, равен  $1217$  мм.
14. Определить отметку пикетной точки при выполнении тахеометрической съемки, если известны отметка станции  $124,365$  м, высота инструмента  $1,47$  м, высота наведения  $2,10$  м и неполное превышение  $h' = 0,57$  м, вычисленное по измеренному вертикальному углу.
15. Определить превышение между станцией и пикетной точкой из тахеометрической съемки, если известны высота инструмента  $1,52$  м; высота наведения  $2,00$  м; угол наклона  $+3^{\circ}20'$  и дальномерное расстояние  $65,7$  м.
16. Определить величину вертикального элемента здания, если известны углы наклона на верхнюю и нижнюю точку  $V_B = +4^{\circ}13'$ ;  $V_H = -2^{\circ}06'$  и расстояние от теодолита до здания  $48,250$  м.

17. При нивелировании «из середины» по линии 1-2 отсчеты по рейкам на заднюю точку 1128 (5913) мм, а на переднюю 1940 (6727) мм. Отметка точки 1 равна 105,254 м. Определить отметку точки 2.

18. Линия длиной 68,5 м измерена нитяным дальномером и имеет угол наклона к горизонту  $\nu = -4^{\circ}30'$ . Определить горизонтальное проложение и уклон этой линии.

19. Линия длиной 68,554 м измерена стальной рулеткой и имеет угол наклона к горизонту  $\nu = -4^{\circ}30'$ . Определить горизонтальное проложение и уклон этой линии.

20. Каково расстояние, измеренное по нитяному дальномеру, если отсчет по верхней дальномерной нити 1240 мм, а по нижней -1351 мм.

### Список литературы

1. Михелев, Д.Ш. Инженерная геодезия. – Москва: ИЦ Академия, 2004.
2. Подшивалов, В.П. Инженерная геодезия / В.П. Подшивалов, М.С.Нестеренок. – Мн.: Вышэйшая школа, 2011.
3. Зуева, Л.Ф. Лабораторный практикум «Геодезические измерения» / Л.Ф. Зуева, С.Н. Кандыбо, Н.В. Синякина – Брест, БрГТУ, 2011.
4. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений.– М.: Издательство АСВ, 2002.
5. Инженерные изыскания для строительства: СНБ 1.03.02-96. – Мн., 1996.
6. Геодезические работы в строительстве: ТКП 45-1.03-26-2006 (02250). – Мн., 2006.
7. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1989.
8. Стандарт университета. Оформление материалов курсовых и дипломных проектов (работ). Общие требования и правила оформления: СТ БрГТУ 01-2002. – Брест: БрГТУ, 2002. – 47с.

Учебное издание

*Составители:*  
*Зуева Людмила Федоровна*  
*Синякина Наталья Васильевна*

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

***для выполнения контрольных работ  
по дисциплине «Инженерная геодезия»***

для студентов заочного факультета специальности  
1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство

Ответственный за выпуск: Зуева Л.Ф.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная верстка: Горун Л.Н.  
Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 30.05.2012 г. Бумага «Снегурочка». Формат 60x84 1/16.  
Гарнитура Arial Narrow. Усл. печ. л. 2,8. Уч. изд. л. 3,0.  
Заказ № 708. Тираж 70 экз. Отпечатано на ризографе Учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет»  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.