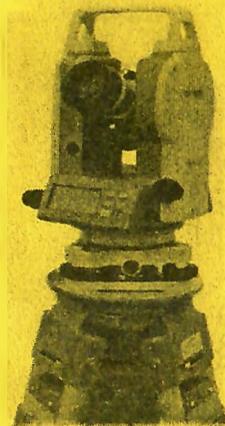


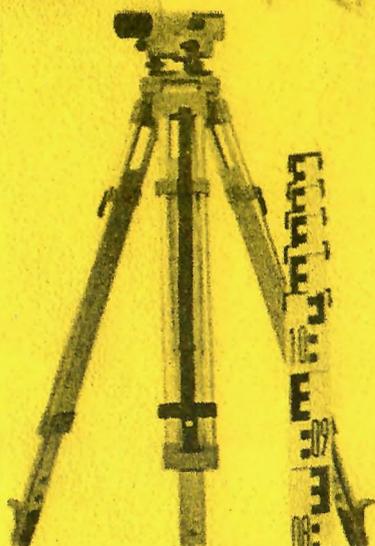
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ГЕОТЕХНИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения контрольной и лабораторных работ,  
учебной практики по «Инженерной геодезии»  
для студентов специальности  
70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство  
заочной сокращенной формы обучения факультета ИДУиФ



Брест 2014



УДК 528.4 (075.8)

В методических указаниях приведены вопросы по теоретическим темам, исходные данные для выполнения контрольной работы, даны краткие теоретические сведения и на конкретных примерах рассмотрено решение предложенных заданий, рассмотрены примеры графического оформления плана организации рельефа, картограммы земляных работ и разбивочного чертежа, приведены краткие рекомендации по выполнению заданий на лабораторных занятиях, вопросы и образцы задач к экзамену, рассмотрена программа учебной геодезической практики.

Составители: Л.Ф. Зуева, к.т.н., доцент  
Т.В. Смулько, ассистент

## Содержание контрольной работы

### **Задание 1. Теоретическая часть. Необходимо ответить на вопросы.**

Из списка вопросов для самостоятельной работы необходимо составить ответы на **три вопроса** (обязательно с рисунками, формулами).

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 5.

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

По данным нивелирования поверхности по квадратам построить план организации рельефа, выполнить проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных работ.

### **Задание 3. Расчет разбивочных элементов и составления разбивочного чертежа выноса на местность основных осей здания.**

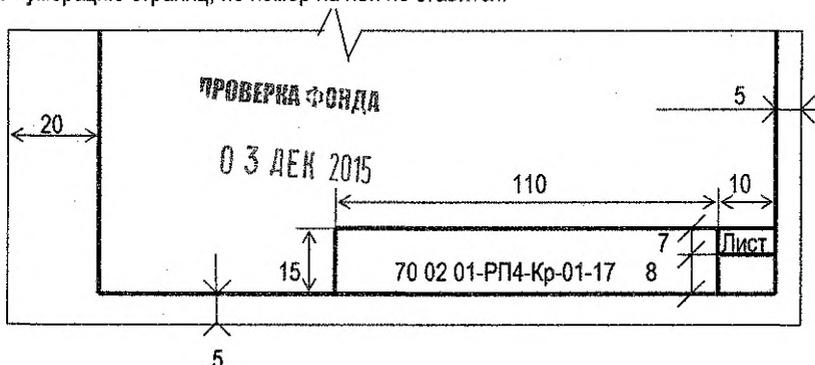
По формулам обратной геодезической задачи (координаты точек разбивочной сети и проектных заданы) выполнить расчет дирекционных углов и расстояний, разбивочных горизонтальных углов и построить разбивочный чертеж.

### **Указания по оформлению контрольной работы.**

Согласно [8] 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 чёрным цветом.

Оформление выполняется одним из следующих способов: рукописным с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм или 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  
по Инженерной геодезии**

Выполнил ст-т. гр. \_\_\_\_\_

шифр \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_

Брест 201 г.

## **Задание 1. Теоретические темы и вопросы для самостоятельной работы**

### **Тема 1. Угловые измерения. Ориентирование линий по топографическим картам и на местности**

Принципы измерения горизонтального угла и вертикальных углов. Классификация теодолитов. Устройство, поверки и юстировки оптических теодолитов. Отсчётные устройства теодолитов. Способы измерения углов. Основные погрешности, влияющие на точность измерения углов. Литература: [1, с.75-92; 2, с.92-122; 3, с. 22-35].

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. Классификация теодолитов. Основные оси теодолита и требования к взаимному положению осей.
2. Что такое поверки? Какие поверки необходимо выполнять у технических теодолитов?
3. Дайте определение и изобразите на рисунках принцип измерения горизонтального и вертикальных углов. Какие способы применяют для измерения углов? (перечислить их)
4. Изложите сущность способа приёмов (отдельного угла) и охарактеризуйте область его применения.
5. Изложите сущность способа круговых приёмов и охарактеризуйте область его применения.
6. Опишите порядок работы при измерении теодолитом горизонтального угла "от нуля". Где данный способ находит применение?
7. Что называют географическим (истинным) азимутом и дирекционным углом? Какова связь между ними? Как на местности измерить истинный азимут?
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. Как перейти от измеренного на местности магнитного азимута к дирекционному углу линии (формула связи)? Для чего необходимы дирекционные углы?

### **Тема 2. Линейные измерения. Нивелирование (высотные измерения)**

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

Способы геометрического нивелирования. Классы геометрического нивелирования. Классификация нивелиров. Устройство и поверки нивелиров. Источники погрешностей при геометрическом нивелировании. Порядок и состав работ при геометрическом нивелировании технической точности. Сущность тригонометрического, 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 2**

1. В чём состоит принцип светодальномерных измерений расстояний? Охарактеризуйте лазерные рулетки и их возможности. В чём состоит безотражательный режим при измерениях расстояний?
2. Как измеряют расстояния мерными приборами и какие поправки вводят в длину линии, измеренную мерными приборами? Где применяют мерные приборы?
3. Охарактеризуйте электронный тахеометр (его составные части), сферу его применения и преимущества перед другими геодезическими приборами.
4. Какими прикладными программами оснащены электронные тахеометры? Охарактеризуйте их использование.
5. Каков принцип измерения расстояний нитяным дальномером? Напишите рабочую формулу для определения расстояний. Как определяют поправку за наклон в состоянии, измеренное нитяным дальномером?
6. Классификация нивелиров (по точности и по конструкции), сфера применения нивелиров.
7. Перечислите оси оптического нивелира (с цилиндрическим уровнем и компенсатором) и охарактеризуйте поверки и юстировки нивелира.
8. Сущность геометрического нивелирования «из середины» и «вперёд». Каковы преимущества и недостатки каждого из способов?
9. Особенности устройства цифровых нивелиров. В чём состоят преимущества цифрового нивелирования? Лазерные нивелиры и построители. Где их применяют?
10. Сущность тригонометрического нивелирования. 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.

### **Тема 3. Топографические съёмки**

Методы топографических съёмок. Выбор масштаба съёмки и высоты сечения рельефа. Состав полевых и камеральных работ при различных методах съёмки. Создание плано-высотного съёмочного обоснования, ведение абриса. Преимущества тахеометрической съёмки, выполненной электронным тахеометром. Лазерное сканирование. Литература: [1, с. 115-129; 2, с.169-242; 5].

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

1. Что такое топографическая съёмка? Методы топографических съёмок и сфера применения каждого из них.
2. Как выбирают масштаб и высоту сечения рельефа при выполнении крупномасштабных топографических съёмок? При ответе на вопрос использовать нормативные документы.
3. Что называется абрисом съёмки? Для чего он необходим? Чем отличаются абрисы тахеометрической и теодолитной съёмки?
4. Что такое съёмочное плано-высотное обоснование и как его создают?
5. В чём состоит сущность тахеометрической съёмки? Какие приборы применяют?
6. В чём состоят преимущества тахеометрической съёмки электронным тахеометром?
7. Создание цифровых моделей местности и рельефа. В чём их преимущества?

8. Нивелирование поверхности по квадратам. Как выполняют разбивку участка на квадраты и нивелирование вершин квадратов? Где этот метод съёмки находит применение?

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

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

#### **Тема 4. 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. 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 4**

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. Охарактеризуйте точность разбивочных работ в зависимости от вида, этажности и конструктивных особенностей сооружений согласно нормативным документам.

4. В чём состоят геодезические расчеты (применение обратной геодезической задачи) для составления разбивочных чертежей по выносу на местность осей сооружений?

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 засечек и охарактеризуйте сферу применения этих способов.

9. Изобразите на рисунке схему разбивки осей сооружений способами прямоугольных координат. В каких случаях эффективно использование этого способа?

10. Изобразите на рисунке схемы разбивки осей сооружений створным и створно-линейными способами. В каких случаях эффективно использование этих способов?

#### **Тема 5. Геодезическое обеспечение строительства**

Геодезические работы при сооружении котлованов и возведении фундаментов. Закрепление осей. Точность передачи осей и отметок на дно котлованов. 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. Исполнительные съемки. Литература: [1, с.231-233, 263-288; 2, с.303-321, 325-331].

### Вопросы для самостоятельной работы по теме 5

1. Охарактеризуйте создание осевой разбивочной основы на обноске и вне зоны земляных работ.
2. Какие геодезические работы выполняют при раскрытии котлована? Как передают отметку на дно глубокого котлована с помощью нивелира и теодолита?
3. Какие геодезические работы выполняют при возведении свайных фундаментов? В чём состоит исполнительная съёмка свайных полей?
4. Какие геодезические работы выполняют при возведении монолитных и ленточных фундаментов?
5. В чём сущность способа вертикального проектирования, применяемого для передачи осей по вертикали с исходного на монтажный горизонт с помощью прибора вертикального проектирования?
6. В чём сущность способа наклонного визирования (проектирования), применяемого для передачи осей по вертикали с помощью теодолита?
7. В чём сущность способа бокового нивелирования, какие приборы применяют для его реализации и для каких целей используют?
8. Охарактеризуйте разбивку планового и высотного положения панелей на монтажном горизонте. Позатажные исполнительные съёмки.
9. Охарактеризуйте передачу осей и отметок на монтажный горизонт с помощью электронного тахеометра.
10. Каковы особенности укладки подземных коммуникаций и их исполнительная съёмка?

### 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, полученный в результате съёмки местности методом нивелирования поверхности по квадратам, который применяется на местности со слабо выраженным рельефом и небольшим количеством контуров. Топографический план составляют в масштабах 1:2000, 1:1000 или 1:500 с высотой сечения рельефа 1,0; 0,5 или 0,25 метра. Для нивелирования участок разбивают на квадраты. Место положения вершин квадратов на местности получают построением прямых углов с помощью теодолита или нивелира с лимбом, а длины сторон разбивают 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. Перед началом нивелирования выбирают места установки нивелира (станции) так, чтобы с каждой из них можно было выполнить нивелирование вершин нескольких квадратов, длина визирного луча не должна превышать 100-120 м.

При этом со смежных станций нивелируют общие (контрольные) точки. При нивелировании по квадратам все отсчеты по рейкам заносят в полевую схему-журнал. Отметки вычисляют в Балтийской системе высот.

**Исходные данные.** 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.

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

Остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные, использовался способ нивелирования «вперёд», т.е. снимались отсчеты только по черной стороне рейки. **Вариант схемы нивелирования промежуточных точек определяется последней цифрой шифра.**

**Отметка репера** равна *исходному значению из табл. 1* плюс две последние цифры шифра в целую и дробную части отметки. Например, для варианта 5 группы 1 – отметка репера  $59,40 + 5,05 = 64,45$  м.

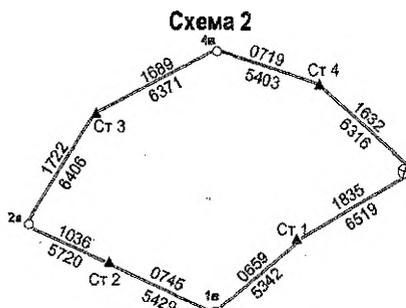
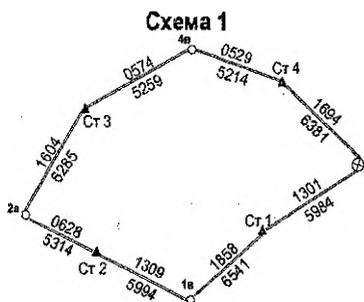
**Таблица 1 – Примеры выбора исходных данных**

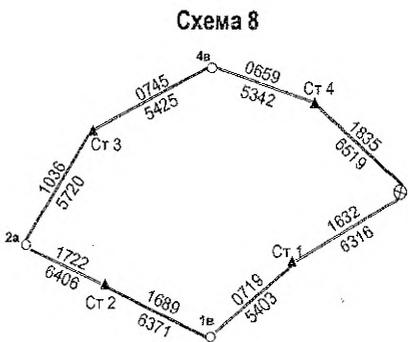
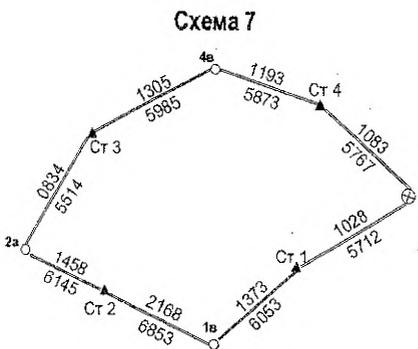
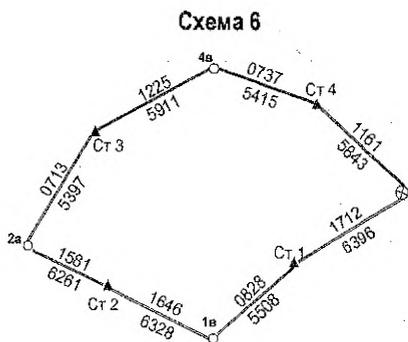
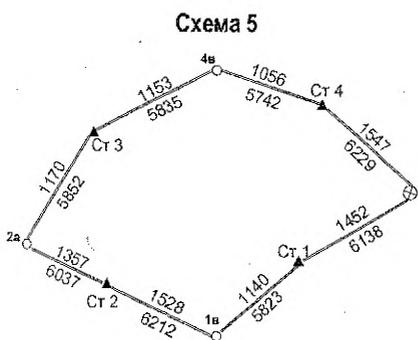
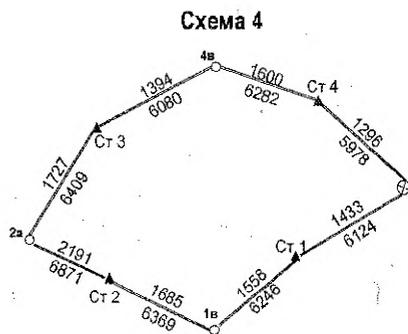
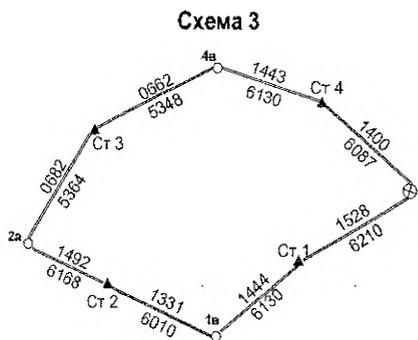
Последние цифры шифра	Схема нивелирования связующих точек	Схема нивелирования промежуточных точек	Отметка репера, м от значения которой получают отметки для выполнения задания 2
01	1	1	группа 1 <b>59,40</b> м
10	1	0	группа 2 <b>62,60</b> м
19	10	9	группа 3 <b>75,90</b> м
27	9	7	группа 4 <b>54,80</b> м
22	4	2	группа 5 <b>63,70</b> м
38	11	8	группа 6 <b>77,50</b> м

**Значение проектного уклона** для проектирования наклонной площадки:

группы 1 и 4:  $6‰ = 0,006$ ; группы 2 и 5:  $7‰ = 0,007$ ; группы 3 и 6:  $8‰ = 0,008$ .

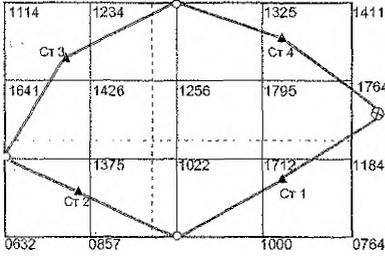
**Схемы нивелирования связующих точек** (варианты исходных данных)



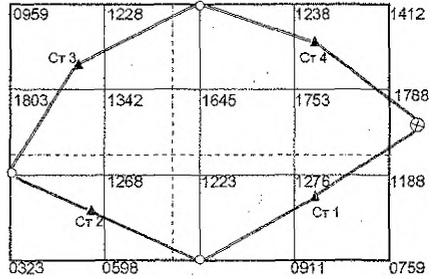




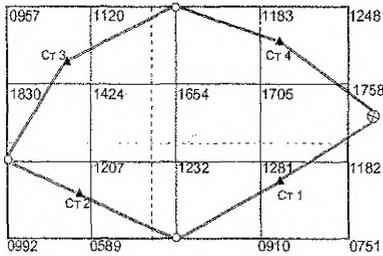
**Схема 2**



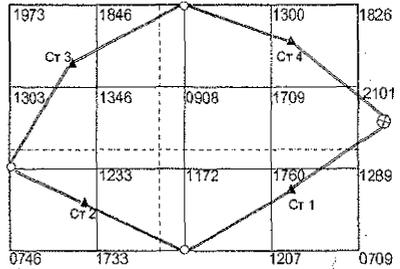
**Схема 3**



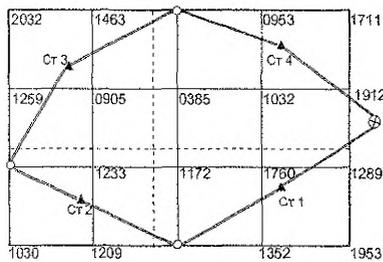
**Схема 4**



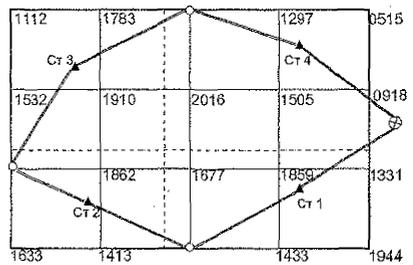
**Схема 5**

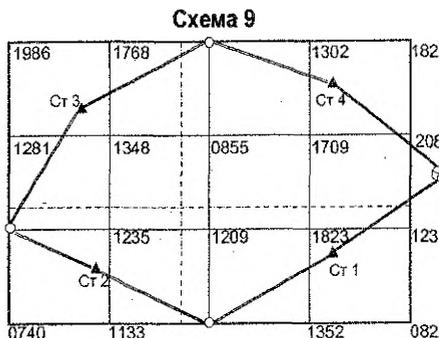
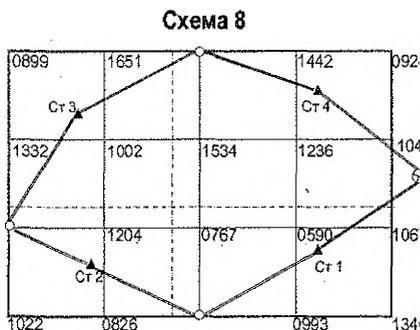


**Схема 6**



**Схема 7**

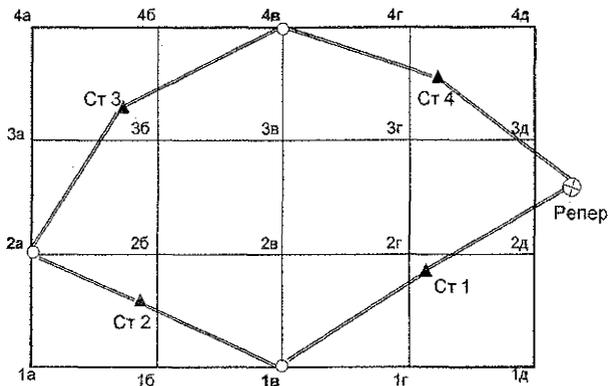




**Последовательность выполнения задания 2:**

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

2) выполнить математическую обработку полевой схемы-журнала нивелирования по квадратам: вычислить отметки связующих точек 1в, 2а и 4в в табл. 3 (из уравнения превышений между связующими точками). Затем через горизонты инструмента станций 1, 2 и 3 и отсчёты по черной стороне реек вычислить отметки остальных вершин квадратов;



**Рисунок 1 – Схема-журнал нивелирования по квадратам**

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

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

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

где  $\sum H_1$ ,  $\sum H_2$ ,  $\sum H_4$  – 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  $H_{\text{после}} = H_{\text{перед}} + i \cdot d$  (уклон берут в тысячных долях).

Направление уклона выбирают в соответствии с фактическим наклоном участка местности и показывают направление ската стрелкой красного цвета (см. рис. 2). По стрелке уклон имеет знак « - », а в обратном направлении знак « + ».

**Наклон площадки осуществить от угла, у которого максимальная фактическая отметка, то есть в соответствии с фактическим наклоном местности.**

4) вычислить рабочие отметки планировки как разности между проектными и фактическими отметками (красная минус черная)  $\pm r = H_{\text{пр}} - H_{\text{факт}}$ ;

5) составить план организации рельефа наклонной площадки в масштабе 1:1000 с высотой сечения рельефа 0,5 м, указав на нем фактические (черным цветом), проектные (красным) и рабочие отметки (синим), а также изобразив на нем существующий рельеф горизонталями (коричневый цвет) и проектные горизонтали (прямые линии красного цвета);

6) составить картограмму земляных работ на отдельном листе бумаги 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);

7) вычислить объёмы земляных работ в таблице.

**Таблица 2 – Подсчёт объёмов земляных масс**

Номер квадрата	$\sum h_{H(н),M}$		$\sum h_{H(в)}$		$\sum  h $	¼ площади фигуры $S/4$	Объём, м <sup>3</sup>	
	+	-	+	-			насыпи	выемки
1						400		
2						400		
...						400		
12						400		
Итого:								

**Рассмотрим формулы для обработки геометрического нивелирования.**

Превышения вычисляют по формуле  $h = 3 - II$ , используя отсчёты по черной и красной сторонам реек. Если расхождение двух полученных превышений не более 5 мм, вычисляют среднее превышение.

Далее вычисляют *высотную невязку* замкнутого нивелирного хода и, если она не превышает допустимую невязку, *распределяют её поровну с обратным знаком во все средние превышения*. Вычисления выполняют в табл.3.

Таблица 3 – Ведомость вычисления отметок связующих точек

№ ст.	№ точек	Отсчёты, мм		Превышения $h$ , мм		Поправки, мм	Уравненные превышения, мм	Отметки точек $H$ , м	№ точек
		задний	передний	вычислен.	среднее				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	2
1	Репер 1в								
2	1в 2а								
3	2а 4в								
4	4в Репер								
Суммы									
Пострахиционный контроль: $\Sigma 3 - \Sigma 1 = \Sigma h_{\text{выч}} \approx 2 \Sigma h_{\text{ср}}$									
Невязка $f_h = \sum h_{\text{ср}} =$ Допустимая невязка $\text{доп } f_h = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} = \pm 20 \text{ мм}$ , где число станций $n = 4$ .									

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

Отметки связующих точек вычисляют (начиная от репера) по формуле:

$$H_{\text{послед}} = H_{\text{предыд}} + h_{\text{уравн}}.$$

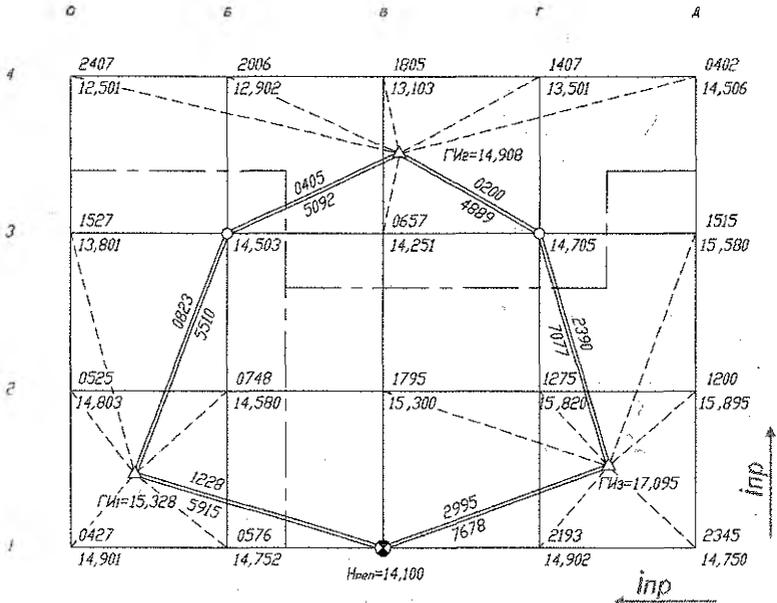
Горизонт инструмента станции равен отметке задней точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке,  $ГИ_{СТ} = H_{\text{зад}} + a_{\text{зад}}^{\text{чер}}$ .

Отметки промежуточных точек (остальных вершин квадратов) вычисляются так: от горизонта инструмента отнимают отсчет по черной стороне рейки на промежуточной точке  $H_{\text{промеж}} = ГИ_{СТ} - a_{\text{промеж}}^{\text{чер}}$ .

**Рассмотрим пример.** Все результаты нивелирования даны в схеме-журнале нивелирования по квадратам (рис.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 двойной линией.

Пунктирные линии, соединяющие станции с вершинами квадратов, схематично показывают визирные линии при нивелировании остальных вершин квадратов. Они нивелировались как промежуточные точки – способом «вперёд». 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 переносят в табл. 3 а. В графы 1, 2 записывают номера станций и номера вершин квадратов, образующих замкнутый нивелирный ход. В графе 3, 4 чёрные и красные – отсчёты на заднюю и переднюю рейки.



**Рисунок 2 – Пример схемы-журнала нивелирования по квадратам с исходными данными и вычисленными отметками**

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).

**Таблица 3 а – Пример ведомости 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	+405				14,100	1в
	3б	5914	5510	+404	+404	-2	+402	14,502	3б
2	3б	0405	0200	+205	+204	-1	+203	14,502	3б
	3г	5092	4889	+203				14,705	3г
3	3г	2390	2995	-605	-603	-2	-605	14,705	3г
	1в	7077	7678	-601				14,100	1в
Суммы						-5мм	0		
Постраничный контроль: $\Sigma \text{З} - \Sigma \text{П} = \Sigma h_{\text{выч}} \approx 2 \Sigma h_{\text{ср}}$									
Невязка $f_h = \Sigma h_{\text{ср}} = +5 \text{ мм}$ ; Допустимая невязка $\text{доп } f_h = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} = \pm 17 \text{ мм}$ , где число станций $n = 3$ .									

Затем вычисляют невязку и сравнивают с допустимым значением. Теоретическая алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому ходу должна быть равна нулю ( $\sum h_{cp}=0$ ), но в силу накопления погрешностей измерений в нивелирном ходе имеем вы-  
сотную невязку, т.е.  $f_h = \sum h_{cp}$ .

Допустимую невязку в техническом нивелировании можно вычислить по формулам:

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

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

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 исправленные превышения – в графу 8. Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю.

Затем вычисляют отметки связующих точек (графа 9). Исходная отметка репера (например, точка 1в) задаётся преподавателем. Отметки остальных связующих точек вычисляют по правилу: *отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс урванное 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:  $H_{36}=14,100 + 0,402=14,502$  м;

$$H_{37}=14,502 + 0,203=14,705 \text{ м. Контроль: } H_{\text{реп}}=14,705 - 0,605=14,100 \text{ м.}$$

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:

$ГИ_1 = 14,100 + 1,228 = 15,328$  м;  $ГИ_2 = 14,503 + 0,405 = 14,908$  м;  $ГИ_3 = 14,705 + 2,390 = 17,095$  м, а отметки промежуточных точек вычисляют, *вычитая из горизонта инструмента отсчёт на промежуточной точке*, взятый в метрах  $H_{1a} = 15,328 - 0,427 = 14,901$  м;  $H_{2a} = 15,328 - 0,525 = 14,803$  м и т.д.

Отметки всех вершин квадратов можно записывать прямо на схему-журнал нивелирования либо в специальную таблицу 4.

**Таблица 4 – Отметки вершин квадратов**

Наименование точек	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

**Проектирование наклонной площадки** выполняется на крупномасштабном топографическом плане участка местности и является творческим процессом, при котором учитывают различные технические, экономические, гидрогеологические и другие факторы.

Рассмотрим способ проектирования рельефа под наклонную плоскость с одинаковым продольным и поперечным уклоном  $i = 0,005 = 5\%$  для организации поверхностного стока и с соблюдением обеспечения баланса объёмов земляных масс (в насыпи и выемке).

Используя данные рисунка 2 и таблицы 3 с фактическими отметками вершин квадратов, вычислим *отметку центра тяжести*.

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

Записывают полученную среднюю отметку на топографическом плане в центре тяжести участка, которому соответствует точка пересечения диагоналей прямоугольника красным цветом, т.к. она будет использоваться как исходная проектная отметка.

*Проектные отметки* вершин квадратов вычисляют с учётом расстояний между ними и заданных 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:

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

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

Затем вычисляют рабочие отметки как разности между проектными и фактическими отметками  $\pm r = H_{пр} - H_{факт}$  и записывают их со знаком синим цветом. Контролем вычислений проектных и рабочих отметок может служить приближенное равенство нулю алгебраической суммы рабочих отметок.

Все результаты вычислений оформляют непосредственно на 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.*

### **Построение плана организации рельефа**

Проектирование горизонтальных и наклонных площадок выполняется при составлении проектов вертикальной планировки.

*Для построения организации рельефа плана* наносят на лист ватмана формата А-4 в масштабе 1:1000 сетку квадратов (примерно посередине листа, расположенного горизонтально) и у вершин квадратов выписывают *чёрным цветом фактические отметки с округлением до сантиметра (0,01м)*. Чтобы на плане провести горизонтали с высотой сечения рельефа  $h=0,5$  метра, по сторонам квадратов выполняют интерполирование для отметок кратных высоте сечения  $h$ . Можно применить графическую интерполяцию по палетке или аналитическую интерполяцию путем вычисления расстояний до горизонтали.

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 метра (рис.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. 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 горизонтал.

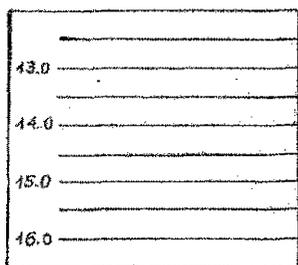


Рисунок 3 – Палетка

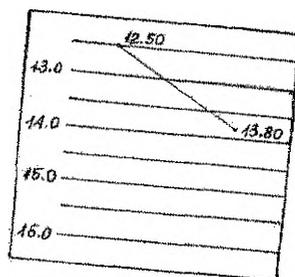


Рисунок 4 – Принцип наложения палетки

Затем точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями.

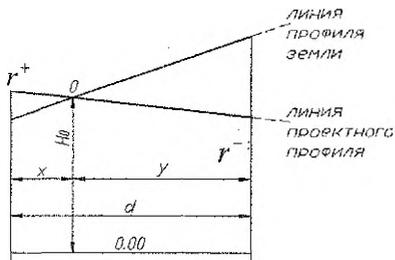
*Горизонтал фактического рельефа изображают плавными линиями коричневого цвета, утолщают и подписывают каждую 4-ю горизонталь (в разрыве горизонтал), причем целую метровую (например, 68-ю, 70-ю, 72-ю при высоте сечения 0,5 метра).*

По проектным отметкам проводят проектные горизонтал также через 0,5 м (интерполирование выполняется математически, решая пропорцию). Так как преобразование рельефа выполняется под наклонную плоскость, то *проектные горизонтал будут представлены в виде параллельных линий красного цвета и подписаны сверху над горизонталями.*

*При оформлении плана организации рельефа необходимо соблюдать правила оформления: каждая отметка имеет своё место и цвет (чёрный, красный, синий). Пример оформления см. на стр. 23. методических указаний.*

**Составление картограммы земляных работ и подсчет объемов земляных масс**

Картограмму земляных работ строят в масштабе 1:1000, черным цветом изображают сетку квадратов и в нужном месте, синим цветом, записывают рабочие отметки (пример на стр. 24). На основе расчетов проводят линию нулевых работ (штриховая линия синего цвета). Точки нулевых работ ( $r = 0$ ) располагаются на сторонах квадратов, где меняется знак рабочих отметок.



Расстояния до точек нулевых работ вычисляют по формулам

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

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

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

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

Таблица 2 а -- Подсчёт объёмов земляных масс (пример)

Номер квадрата	$\sum h_{н(н)}, \text{м}$		$\sum h_{н(в)}^2$		$\Sigma  h $	% площади фигуры $S/4$	Объём, $\text{м}^3$	
	+	-	+	-			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
Баланс земляных работ составил $\Delta V = 4,6\%$ .						Итого:	3631,2	3807,1

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

$$V_{\text{насыпи}} = \frac{(\sum h_n)^2}{\Sigma (|h_n| + |h_0|)} \cdot \frac{s}{4}, \quad V_{\text{выемки}} = \frac{(\sum h_0)^2}{\Sigma (|h_n| + |h_0|)} \cdot \frac{s}{4},$$

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

$$\text{Дисбаланс земляных работ } \Delta V = \frac{\sum V_B - \sum V_H}{\sum V_B} \cdot 100\% \text{ (допустимый - 5\%).}$$

### Задание 3. Расчет разбивочных элементов и составление разбивочного чертежа выноса на местность основных осей здания

**Содержание задания:** По формулам обратной геодезической задачи (координаты точек разбивочной сети и проектных заданы) выполнить расчет дирекционных углов и расстояний, разбивочных горизонтальных углов и построить разбивочный чертеж.

**Разбивочные работы** (разбивка) – это вынос в натуру (на местность) осей зданий и сооружений и их закрепление. В комплекс геодезических работ, обеспечивающих вынесение проекта в натуру, входят: создание геодезической разбивочной основы в виде теодолитных ходов, расчёт разбивочных элементов и полевые разбивочные работы. Вынос проекта в натуру выполняется по разбивочному чертежу, на котором показаны значения разбивочных элементов – горизонтальные углы, расстояния, соответствующие способу разбивочных работ.

**Исходные данные:**

– плоские прямоугольные координаты X и Y точек разбивочной сети 1 и 2, точек пересечения основных осей здания прямоугольной формы a, b, c и d (проектных точек).

**По двум последним цифрам шифра и количеству букв в фамилии изменить ординаты Y точек 1 и 2**

Таблица 5 – Ведомость координат точек разбивочной сети 1 и 2

Имя пункта	X, м	Y, м	Примеры: для варианта А: две последних цифры шифра – 12, фамилия Зуева – 5 букв $Y_1 = 501,18 - 12,05 = 489,13\text{м}$ $Y_2 = 604,52 - 12,05 = 592,47\text{м}$
<b>Вариант А</b> (последние цифры шифра 1-15)			
1	512,35	501,18 изменить	
2	498,23	604,52 изменить	
<b>Вариант В</b> (последние цифры шифра 16-30)			
1	578,15	480,08 изменить	для варианта В: две последних цифры шифра – 12, фамилия Зуева – 5 букв $Y_1 = 480,08 + 20,05 = 500,13\text{м}$ $Y_2 = 588,51 + 20,05 = 608,56$
2	565,83	588,51 изменить	

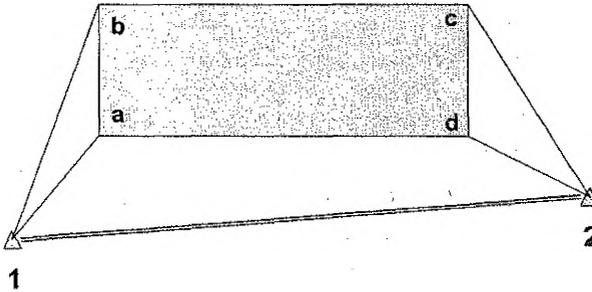
Таблица 6 – Ведомость координат проектных точек (**одинаковые для всех вариантов**)

Имя пункта	X, м	Y, м	Габаритные размеры здания: длина 60,00 м ширина 36,00 м
a	526,10	519,50	
b	562,01	522,01	
c	557,83	581,87	
d	521,92	579,36	

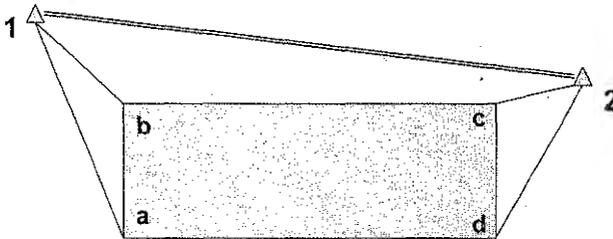
**Порядок выполнения задания:**

1) показать на схеме **разбивочные углы  $\beta$  и расстояния d** для выноса на местность разбивочных точек a, b, c, d;

Вариант А



Вариант В



2) записать формулы для разбивочных углов  $\beta$  через дирекционные углы направлений, составляющих этот угол.

Формула общего вида:  $\beta = \alpha_{\text{противного направления}} - \alpha_{\text{исходного направления}}$ .

Например:  $\beta_a = \alpha_{1-a} - \alpha_{1-2}$ ;

3) определить дирекционные углы и линейные элементы разбивки для трех проектных точек. Вычисления удобно выполнять в таблице 8.

Дирекционные углы и расстояния находят из решения обратной геодезической задачи, по знаку  $\pm\Delta X$  и  $\pm\Delta Y$  определить четверть (направление румба) и дирекционный угол.

Таблица 7 – Связь румбов и дирекционных углов

Название четверти. Величина дирекционного угла $\alpha$	СВ: $0^\circ < \alpha < 90^\circ$	ЮВ: $90^\circ < \alpha < 180^\circ$	ЮЗ: $180^\circ < \alpha < 270^\circ$	СЗ: $270^\circ < \alpha < 360^\circ$
Числовое значение румба	$\alpha = r$	$\alpha = 180^\circ - r$	$\alpha = 180^\circ + r$	$\alpha = 360^\circ - r$
Знак $\Delta x$	+	-	-	+
Знак $\Delta y$	+	+	-	-

Таблица 8 – Расчет данных для разбивочных элементов

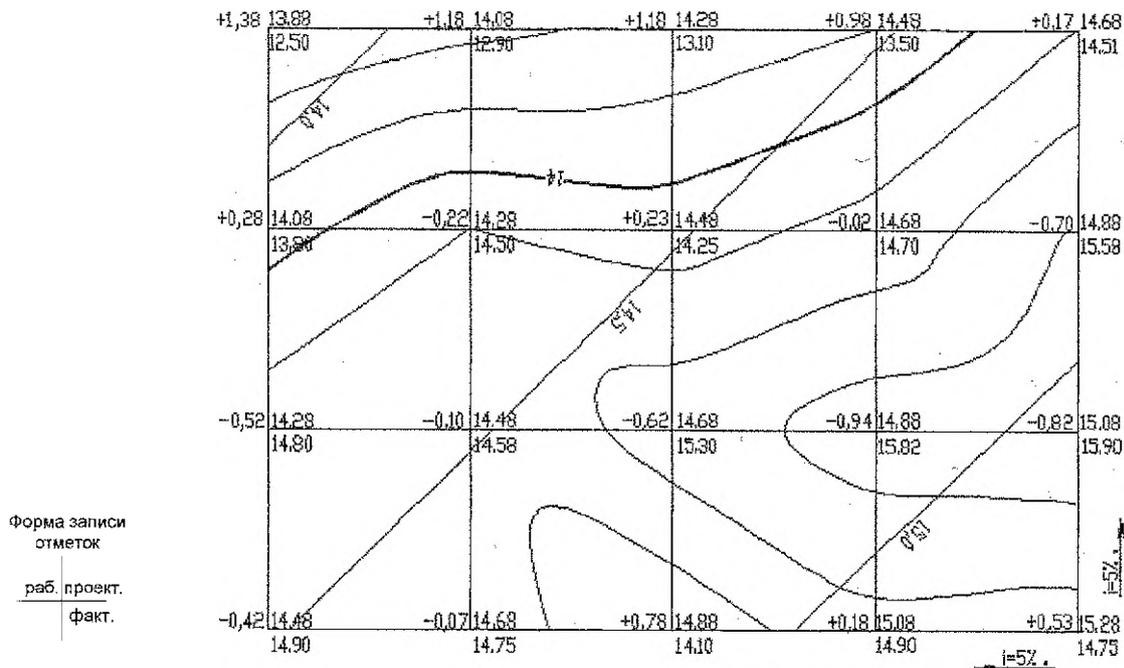
№ п/п	Формулы и обозначения	Направления Т-П				
		1-2	1-а <i>пример</i>	1-б	2-с вариант В	2-д вариант А
1	$Y_{II}$		607,16			
2	$Y_{IIcx}$		630,36			
3	$\Delta Y = Y_{II} - Y_{IIcx}$ ;		-23,20			
4	$X_{II}$		90,20			
5	$X_{IIcx}$		19,73			
6	$\Delta X = X_{II} - X_{IIcx}$ ;		+70,47			
7	$tg r = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ ;		-0,329218			
8	$r = arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ ;		С3:18°13',3			
9	$\alpha_{IIcx-II}$		341°46',7			
10	$\sin \alpha$		-0,312694			
11	$\cos \alpha$		0,949854			
12	$d = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}$		74,19			
13	$d = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$		74,19			

4) вычислить величины разбивочных углов по формулам из пункта 2;

5) построить разбивочный чертёж в масштабе 1:1000 на листе чертежной бумаги формата А-4.

На чертеже показывают сторону разбивочной сети 1-2, от которой будет выполняться вынос осей, выписывают числовые значения разбивочных элементов. Для ориентирования разбивочного чертежа на местности при его составлении указывается направление север-юг. Координаты точек разбивочной сети и координаты проектных точек также могут быть представлены на разбивочном чертеже в виде отдельной таблицы. Разбивочный чертёж оформляется черным цветом. На чертеже требуется записывать значение дирекционного угла и длину стороны разбивочной сети. Пример оформления разбивочного чертежа приведен в конце методических указаний на стр.26.

ПЛАН ОГРАНИЗАЦИИ РЕЛЬЕФА (НАКЛОННАЯ ПЛОЩАДКА)



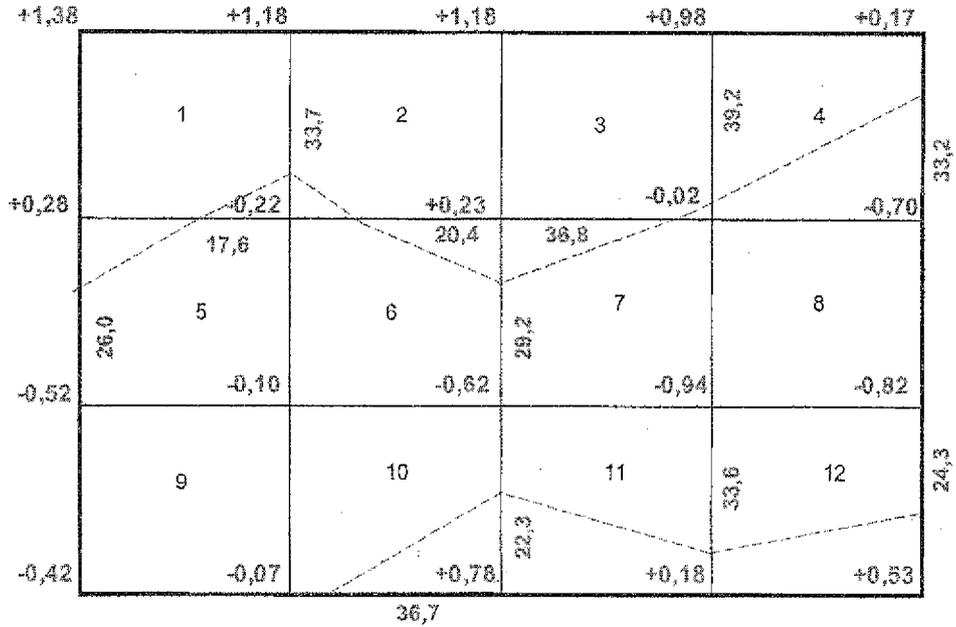
1: 1000

В 1 сантиметре 10 метров

Сплошные горизонталы проведены через 0,5 метра

Система высот Балтийская

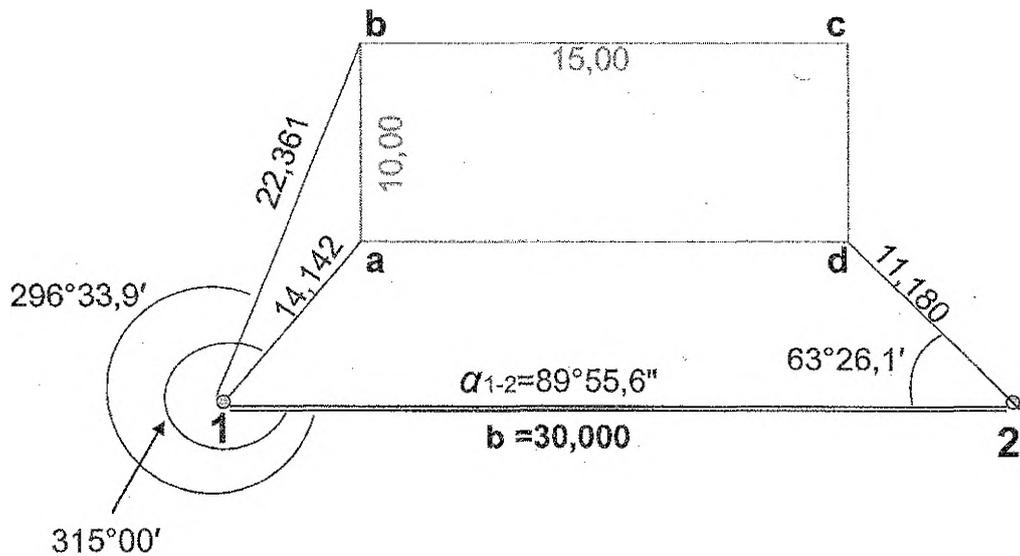
### Картограмма земляных работ



1:1000

В 1 сантиметре 10 метров

Разбивочный чертеж выноса на местность основных осей здания (Пример)



1: 1000  
В 1 сантиметре 10 метров

## Лабораторная работа № 1.

### ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

#### 1. Изучить масштабы: численный, именованный, линейный и поперечный.

*Масштабом* называется степень уменьшения горизонтального проложения линии местности при изображении её на топографической карте или плане.

**Численный масштаб** выражают в виде простой дроби 1:М. Например, 1:10 000.

**Именованный масштаб** – это словесное выражение численного масштаба. Например, для масштаба 1:10 000 именованный будет: в 1 сантиметре 100 метров. При пользовании численным масштабом приходится выполнять вычисления.

*Точность масштаба* характеризует длина горизонтального проложения линии местности, соответствующая 0,1 мм на карте или плане.

**Линейный масштаб** удобнее при измерении расстояний по карте. Деления линейного масштаба оцифрованы в метрах в соответствии с численным масштабом карты, для которой он построен.

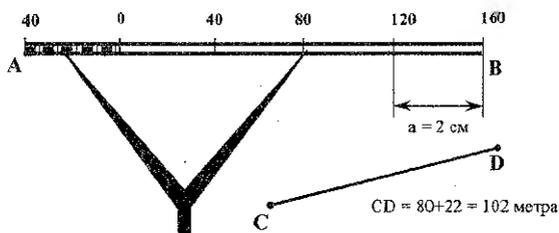
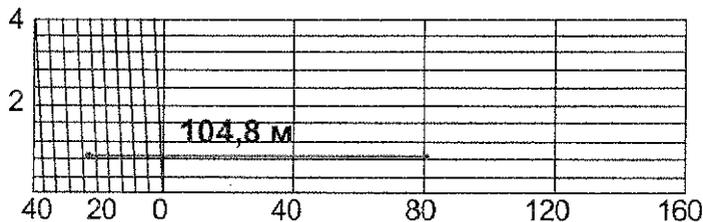


Рисунок 5 – Линейный масштаб (1:2000)

**Поперечный масштаб** обеспечивает более высокую точность измерения расстояний и с помощью него расстояния получают в натуральную величину, т.е. в метрах на местности. Для построения поперечного масштаба на прямой линии откладывают последовательно несколько раз основание масштаба  $a$ . Основание масштаба также может быть равным 1, 2, 4 и 5 см.



Основание масштаба  $a=2$  см, что на местности соответствует 40 м;  
деление влево от нуля  $0,1a - 4$  м; деление вверх  $0,01a - 0,4$  м;  
точность масштаба 0,2 м ( $1/2$ меньшего деления)

Рисунок 6 – Оцифровка номограммы для масштаба 1:2000

**Задание.** Подписать номограмму поперечного масштаба в соответствии с численным масштабом 1: 500 и 1:10 000.

**2. Определить плоские прямоугольные координаты точки, используя поперечный масштаб и измеритель:**

а) определить плоские прямоугольные координаты точек на топографическом плане масштаба 1:500. На топографическом плане ось X направлена вертикально (вверх плана – север), ось Y направлена на восток – горизонтально. Координатная сетка на топографическом плане любого масштаба имеет размер 10x10 см. Координаты X, Y (в метрах) записаны в углах плана в местной системе координат;

Таблица – Координаты точек на топографическом плане

Наименование точки	$X_0, м$	$\Delta x, м$	$x, м$	$Y_0, м$	$\Delta y, м$	$y, м$
угол здания	+79800	21,15	+79821,15	+66150	32,50	+66182,50

б) определить географические и прямоугольные координаты точки в системе координат Гаусса-Крюгера по топографической карте У-34-37-В-в-4 масштаба 1:10000.

**Определение плоских прямоугольных координат.** Принимая за оси координат ближайшие километровые линии, опускают на них из определяемой точки перпендикуляры  $\Delta x$  и  $\Delta y$ . Для определения координат точки Q, пользуясь координатной сеткой, определяют координаты юго-западного угла квадрата, в котором находится точка (на рисунке 3  $X_0 = 6068$  км;  $Y_0 = 4313$  км – здесь следует помнить, что цифра 4 перед ординатой обозначает номер зоны, в которой расположена точка). Далее измеряют отрезки  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , пользуясь поперечным масштабом, и вычисляют прямоугольные координаты определяемой точки:

$$X = X_0 + \Delta x = 6068000 + 458 = 6068458 м;$$

$$Y = Y_0 + \Delta y = 4313000 + 412 = 4313412 м.$$

**Определение географических координат** выполняют, восстанавливая перпендикуляры на рамку карты. По параллелям подписана широта, по меридианам – долгота. В углах карты указаны численные значения широт и долгот. Определяют географические координаты, пользуясь внутренней линией рамки карты (с разметкой минут), между внутренней и наружной рамкой имеется десятисекундная разметка в виде точек, которые делят минуту на шесть равных частей, секунды берут на глаз. Например, на рисунке 5 географические координаты точки P: широта  $\varphi = 54^\circ 41' 17''$  и долгота  $\lambda = 18^\circ 05' 25''$ .

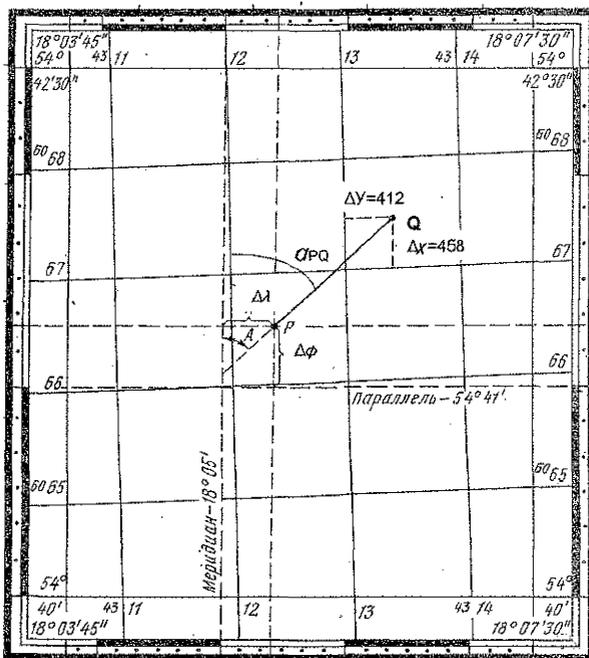


Рисунок 7 – Определение координат и дирекционных углов

3. Познакомьтесь с ориентирными углами и измерьте на карте масштаба 1: 10 000 с помощью геодезического транспортира дирекционный угол линии, вычислить румб, истинный и магнитный азимут прямого и обратного направлений.

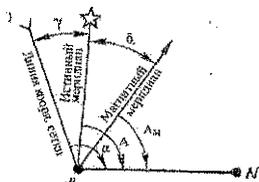


Рисунок 8 – Схема расположения меридианов на карте и определения ориентирных углов

Дирекционный угол  $\alpha$  – это угол, отсчитываемый от северного конца осевого меридиана или линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до заданного направления. На картах вертикальные линии километровой сетки параллельны осевому меридиану зоны. Поэтому дирекционный угол измеряют транспортиром от северного направления линий координатной сетки по ходу часовой стрелки до заданного направления.

Дирекционный угол обратного направления можно вычислить

$$\alpha_{\text{об}} = \alpha_{\text{пр}} \pm 180^\circ.$$

Истинный азимут  $A$  отсчитывается от северного направления истинного (географического) меридиана и отличается от дирекционного угла  $\alpha$  на величину  $\gamma$  – сближение меридианов, т.е. на величину угла между географическим меридианом и линией километровой сетки (осевым меридианом зоны). Формула связи дирекционного угла и истинного азимута:  $A = \alpha + \gamma$ .

Магнитный азимут  $A_m$  отсчитывается от северного направления магнитного меридиана. Магнитная стрелка (компаса или буссоли) отклоняется от истинного меридиана на величину  $\delta$  – склонение магнитной стрелки. Формула связи истинного и магнитного азимутов:  $A = A_m + \delta$ .

4. Изучить способы изображением рельефа на картах и планах и его численные характеристики (отметку, уклон и угол наклона):

**Рельефом** земной поверхности называется совокупность неровностей физической поверхности Земли. На топографических картах и планах рельеф изображают горизонталями и отметками. **Горизонтالي** (изогипсы) – замкнутые кривые линии, соединяющие точки с одинаковой высотой над уровнем моря и в совокупности отображающие рельеф местности. Горизонтали бывают основные (толщиной 0,1 мм), утолщенные (толщиной 0,3 мм) и полугоризонтالي (изображают штриховой линией).

А. Определить отметки точек А и В (заданных преподавателем), расположенных между двумя горизонталями, при высоте сечения  $h = 2,5$  м.

*Отметка* – это численное значение высоты точки земной поверхности в принятой системе высот (в Балтийской системе высот).

Для определения отметки точки, расположенной между двумя соседними горизонталями, надо определить отметки этих горизонталей, а также измерить заложение (кратчайшее расстояние между горизонталями) и расстояние от горизонтали с меньшей отметкой до определяемой точки, с точностью до 0,1 мм.

Превышение (относительно горизонтали с меньшей отметкой) будет равно

$$\Delta h = \frac{\Delta d}{d} \cdot h.$$

Отметка точки равна  $H_{\text{точки}} = H_{\text{меньш. гор.}} + \Delta h$ .

Б. Определить угол наклона и уклон линии, расположенной между соседними горизонталями.

*Уклон*  $i$  – это тангенс угла наклона линии к горизонту или отношение превышения  $h$  между точками к горизонтальному проложению  $d$  в метрах на местности, т.е.

$$i_{AB} = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d} = \frac{H_B - H_A}{d_{AB}},$$

где  $\nu$  – угол наклона;  $h$  – превышение между концами отрезка;  $d$  – горизонтальное проложение отрезка.

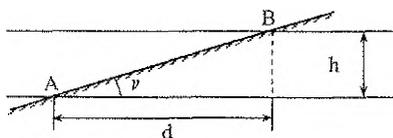


Рисунок 9 – Схема определения угла наклона

Уклоны выражают в натуральных значениях тангенса угла наклона или в промилле (‰). Для определения уклона отрезка  $ab$  (рисунок 8) измеряют его длину на карте (27 мм) и определяют горизонтальное проложение на местности, учитывая масштаб карты  $d = 27 \text{ мм} \cdot 25000 = 675 \text{ м}$ .

Превышение между точками А и В равно высоте сечения рельефа,  $h = 5$  м, следовательно, уклон линии на данном участке составит  $i = 5 / 675 = 0,0074 = 7,4\text{‰}$ .

Углы наклона можно определять аналитически ( $v = \arctg i$ ) или графически. Под южной рамкой карты расположен график заложений для углов наклона. На карте берут раствором циркуля отрезок, заключенный между двумя горизонталями, и переносят на график заложений, установив ножки измерителя между горизонтальной линией и кривой, и отсчитывают значение угла наклона с точностью до  $0,1^\circ$

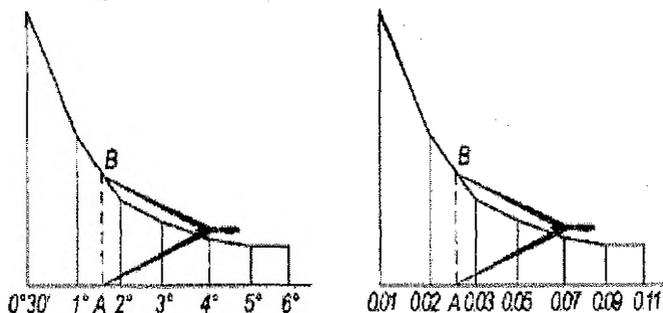


Рисунок 10 – Графики заложений углов наклона и уклонов

## Лабораторная работа № 2

### НИВЕЛИР

1. Изучить устройство нивелира Н-3 и назначение его частей.
2. Выполнить поверки нивелира:
  - а) круглого уровня;
  - б) сетки нитей (по рейке);
  - в) поверку главного условия нивелира.
3. Снять отсчеты: по верхней, средней и нижней нити по красной и черной сторонам рейки, определить разность нулей пятки (начальный отсчет красной стороны) и расстояние по нитяному дальномеру.
4. Измерить превышение между двумя точками способом «из середины».
5. Рассмотреть определение превышения способом «вперёд» (решить задачу).  
 При выполнении лабораторной работы использовать лабораторный практикум.  
 Литература: [3, с.6-21].

## Лабораторная работа № 3

### ТЕОДОЛИТ

1. Изучить устройство теодолита, назначение и название его частей.
2. Изучить отсчетное устройство (шкаловый микроскоп) теодолита 2Т30 и его модификаций, научиться брать отсчеты. При снятии отчётов помните, что минуты считают от нуля шкалы.

### 3. Выполнить поверки и юстировки теодолита 2Т30

- а) перпендикулярности оси цилиндрического уровня к оси вращения инструмента;
- б) правильности установки сетки нитей (по отвесу, по точке);
- в) перпендикулярности визирной оси к оси вращения зрительной трубы. Определить коллимационную погрешность  $c = \frac{KП - КП \pm 180^\circ}{2}$ ;

г) перпендикулярность оси вращения трубы к оси вращения инструмента (исправляется в мастерской).

4. Измерить теодолитом 2Т30 горизонтальный угол одним полным приёмом с перестановкой лимба между полу приёмами на 2-3°.

5. Определить место нуля (МН) и измерить вертикальные углы теодолитом 2Т30.

При выполнении лабораторной работы использовать лабораторный практикум. Литература: [3, с.22-35].

## Лабораторная работа № 4

### ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЁМКА

#### 1. Изучить сущность тригонометрического нивелирования.

Тригонометрическое нивелирование позволяет определить превышение между точками по измеренному углу наклона и расстоянию. Над точкой А устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, измеряют высоту инструмента  $i$  – расстояние по отвесной линии от точки А до оси вращения зрительной трубы с помощью нивелирной рейки с точностью до 0,01 м. В точке В устанавливают нивелирную рейку и по черной стороне отсчитывают высоту наведения  $V$  – расстояние от пятки рейки до средней нити сетки.

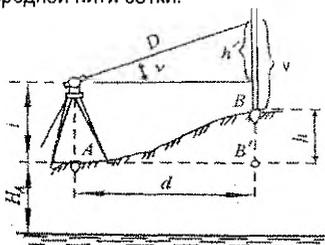


Рисунок 11 – Сущность тригонометрического нивелирования

Нитяным дальномером измеряют наклонное расстояние  $D$  от теодолита до рейки. Теодолитом способом приема измеряют угол наклона  $v$ .

Формулы тригонометрического нивелирования:

$$h + V = h' + i \quad \text{или} \quad h = h' + i - V.$$

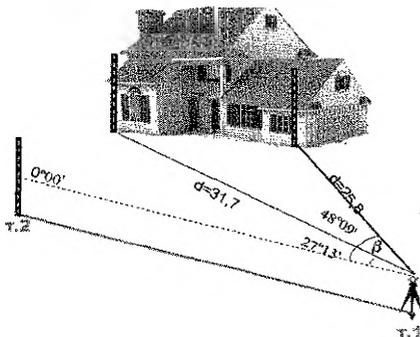
Неполное превышение  $h' = \frac{D}{2} \cdot \sin 2v$ , если известно горизонтальное проложение  $h' = d \cdot \operatorname{tg} v$ .

$$\text{Превышение равно } h = \frac{D}{2} \cdot \sin 2v + i - V.$$

#### 2. Изучить сущность тахеометрической съёмки.

Тахеометрическая съёмка (планово-высотная) является самым распространенным методом наземных топографических съёмок, на основе которой составляют инженерно-топографические планы масштабов 1:500 и 1:1000, которые используют для проектирования зданий и сооружений.

Плановое положение точек на местности определяют полярным способом, а высотное – тригонометрическим нивелированием. Сначала создают съёмочное планово-высотное обоснование в виде одиночных линейно-угловых ходов или системы ходов (теодолитные или тахеометрические хода). Точки съёмочного обоснования закрепляют на местности и используют при выполнении полевых измерений, как станции.



**Рисунок 12 – Определение планового положения точек полярным способом**

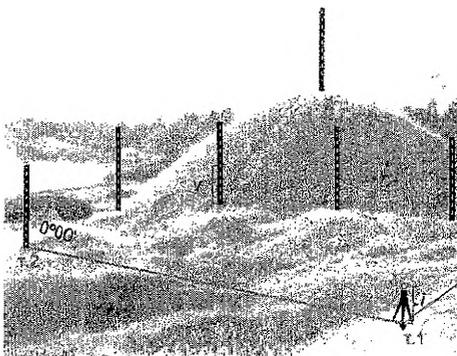
– *Измерения:* берут отсчёты по средней нити (высота наведения) и по дальномерным нитям (для определения расстояния от станции до пикета), по горизонтальному и вертикальному кругам. Результаты полевых измерений заносят журнал. В качестве пикетов могут быть элементы ситуации и рельефа.

– По окончании съёмки на станции снова наводят трубу на точку 2, по которой был ориентирован лимб, и берут контрольный отсчёт, который не должен отличаться от  $0^\circ$  более чем на  $5'$ .

#### **Порядок работы на станции:**

– Устанавливают теодолит над точкой съёмочного обоснования (т.1), центрируют, приводят в рабочее положение и измеряют высоту инструмента с помощью нивелирной рейки с округлением до 1см. Перед началом съёмочных работ определяют место нуля вертикального круга теодолита.

– Рабочее положение теодолита – «круг лево» (КЛ). Ориентируют лимб по стороне 1-2 съёмочного обоснования, для чего нуль алидады совмещают с нулём лимба, закрепляют алидаду и, вращением лимба вместе с алидадой (открепив лимб), наводят трубу точку 2. Закрепив лимб и открепив алидаду, наводят трубу на рейку, устанавливаемую поочередно на реечные точки (пикеты).



**Рисунок 13 – Сущность тахеометрической съёмки**

Для контроля качества съёмки с каждой станции определяют 2-3 контрольных точки в полосе перекрытия съёмки со смежных станций.

**3. Выполнить съемку местности, записать измерения в журнал и вычислить отметки реечных (пикетных) точек.**

Полевые съемочные работы выполняются бригадами по 3 человека на местности во время аудиторных занятий. Обработка результатов измерений заключается в вычислении углов наклона, превышений и отметок реечных точек.

## Лабораторная работа № 5

### ПОЛЕВЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

#### 1. Вынесение в натуру проектной отметки с помощью точного нивелира.

Все отметки, указанные в проекте сооружения, даются от уровня «чистого пола» первого этажа. Поэтому предварительно их необходимо перевести в систему, в которой даны высоты исходных рабочих реперов.

Для выноса в натуру точки с проектной отметкой  $H_{пр}$  устанавливают нивелир примерно посередине между репером с известной отметкой  $H_{рп}$  и выносимой точкой.

На исходном репере и выносимой точке устанавливают рейки, взяв отсчет  $a$  по рейке на исходном репере, определяют горизонт прибора

$$H_{ГП} = H_{рп} + a.$$

Для контроля желательно аналогичным образом проверить значение  $H_{ГП}$  по другому исходному реперу.

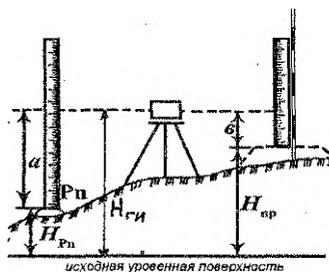
Чтобы установить точку на проектную отметку  $H_{пр}$ , необходимо знать величину отсчета  $b$  по рейке на определяемой точке

$$b = H_{рп} + a - H_{пр} = H_{ГП} - H_{пр}.$$

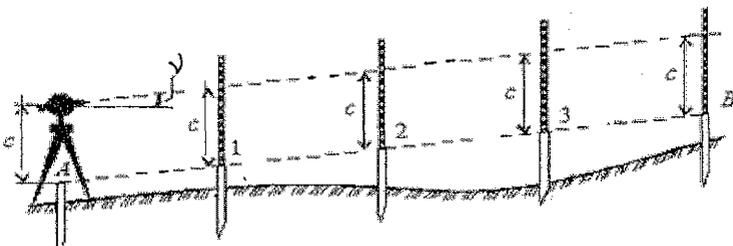
Вычислив проектный отсчет  $b$ , рейку в определяемой точке местности (либо поверхности) поднимают или опускают до тех пор, пока отсчет по средней нити сетки зрительной трубы нивелира не будет равен вычисленному. В этот момент пятка рейки будет соответствовать проектной отметке, которую фиксируют, забивая колышек и ввинчивая болт до уровня пятки рейки или проводя черту на строительной конструкции. Для контроля нивелируют способом «из середины», определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают её значение с проектной отметкой или повторяют передачу при другом горизонте инструмента. В случае недопустимых расхождений работу выполняют заново. Точность выноса проектной отметки составляет 3-10 мм.

**2. Вынос на местность линии проектного (заданного) уклона.** Данную задачу можно решать горизонтальным визирным лучом (оптического или лазерного нивелира) либо наклонным визирным лучом теодолита.

Теодолит устанавливают в начальной точке  $A$  с проектной отметкой, измеряют высоту инструмента, на вертикальном круге с учетом места нуля устанавливают отсчет в градусной мере, равный проектному углу наклона, который можно вычислить по заданному уклону.



**Рисунок 14 – Вынос проектной отметки**



**Рисунок 15 – Построение линии заданного уклона теодолитом**

Заданный проектный уклон  $i = 15 ‰ = 0,015$  (в тысячных долях) преобразуют в угол наклона.

Вычислим угол наклона  $v = \arctg i = 0^{\circ} 52'$

Угол наклона вычисляется по формуле  $v = \angle KЛ - MO$ . Значит, отсчет по вертикальному кругу при КЛ составит  $KL = v + MO$ .

Установив зрительную трубу на вычисленный отсчет, задаем воздушную линию заданного уклона (линия визирования теодолита будет фиксировать угол наклона, соответствующий проектному уклону).

Далее устанавливаем вехи в створе линии АВ (например, через 5 м), и вдоль вехи поднимают или опускают рейку, добиваясь, чтобы отсчет по ней был равен высоте инструмента. Пятка рейки будет определять точку, лежащую на линии заданного уклона. Эти точки фиксируют колышками соответствующей высоты или вехами, на которых отмечаем нуль пятки рейки.

### **Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Геодезия, ее цели и задачи. Этапы геодезических работ.
2. Системы координат и высот, применяемые в геодезии.
3. Азимут истинный и магнитный, дирекционный угол, румбы. Связь между ними.
4. Теодолиты (классификация, устройство, поверки). Способы измерения горизонтальных и вертикальных углов.
5. Нивелиры (классификация, устройство, поверки). Способ геометрического нивелирования «из середины» и «вперёд».
6. Мерные приборы, нитяной дальномер оптических приборов, светодальномер, лазерная рулетка, электронный тахеометр.
7. Методы создания плановых геодезических сетей: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, линейно-угловая сеть, строительная сетка, теодолитный ход, спутниковая геодезическая сеть.
8. Высотные (нивелирные сети). Методы геометрического, тригонометрического, гидронивелирования, микронивелирования и барометрического нивелирования.
9. Методы топографических съемок. Составление топографических планов. Цифровая модель местности.
10. Тахеометрическая съемка, её сущность. Состав и порядок производства работ на станции.

11. Прямая и обратная геодезические задачи.
12. Состав и организация геодезических работ при изысканиях, проектировании и строительстве инженерных сооружений.
13. Подготовка геодезических данных для выноса проекта в натуру, расчеты и составление разбивочных чертежей.
14. Вертикальная планировка. Геодезические расчеты при проектировании горизонтальной и наклонной площадок.
15. Перенесение в натуру проектного горизонтального угла и проектных длин линий.
16. Вынос в натуру точки с заданной (проектной) отметкой и линии заданного уклона.
17. Разбивка осей сооружения методом полярных и прямоугольных координат.
18. Разбивка осей сооружений методом прямой угловой и линейной засечки.
19. Геодезические работы при раскрытии котлована и возведении фундаментов.
20. Передача осей и отметок в котлованы и на монтажные горизонты.
21. Контроль монтажа конструкций (колонн, панелей и др.) в плане, по высоте и вертикали
22. Исполнительные съемки в строительный период.
23. Виды деформаций. Методы определения осадок, горизонтальных смещений, кренов.

### Перечень типовых экзаменационных задач

**Задача 1.** Вычислить в квадрате проектную отметку (центра тяжести), если  $H_1=H_2=100,00$  м,  $H_3=H_4=103,00$  м.

**Задача 2.** Каково горизонтальное расстояние между двумя точками, если их высоты:  $H_1=100$  м,  $H_2=102$  м, а уклон по линии - 20 ‰?

**Задача 3.** Рабочие отметки на концах линии длиной  $d=100$  м равны +0,10 м и -0,23 м. Определить уклон по линии 1-2.

**Задача 4.** При расстоянии до точки нулевых работ от отрицательной рабочей отметки  $d=30$  м, рабочие отметки относятся как  $\frac{r^+}{r^-}=3$ . Найти расстояние  $d$  между начальной и конечной точками линии.

**Задача 5.** Найти расстояние до точки нулевых работ, если сторона квадрата равна 20 м, а рабочие отметки +0,44, -0,62 м. Расстояние искать от положительной рабочей отметки.

**Задача 6.** Найти отметку точки 2, если уклон по линии 1-2  $i=20\%$ , расстояние между точками 128 м, а высота начальной точки  $H_1=98,00$  м.

**Задача 7.** Каково наклонное расстояние между двумя точками, если их высоты  $H_1=100,25$  м,  $H_2=124,36$  м, а уклон по линии 80 ‰?

**Задача 8.** Найти уклон по диагонали квадрата со стороной 40 м и уклонами по его сторонам  $i=20\%$  и  $j=30\%$ .

**Задача 9.** Превышение между двумя точками  $h=0,246$  м. Отсчет на заднюю рейку  $Z=1468$ . Каково значение отсчета на переднюю рейку?

**Задача 10.** В треугольнике ABC получены 2 превышения:  $h_{AB} = 0,241$  м,  $h_{BC} = -1,014$  м. Какова должна быть величина превышения  $h_{CA}$ , чтобы невязка в фигуре была равна – 7мм.

**Задача 11.** При нивелировании по линии 1-2 отсчет по рейке на заднюю точку был  $Z=1651$ , а на переднюю равен  $П=1540$ . Отметка начальной точки  $H_1 = 100,222$  м. Определить отметку точки 2.

**Задача 12.** При нивелировании по линии 1-2 отсчет по рейке на заднюю точку был  $Z=1651$  мм, на переднюю равен  $П = 1540$  мм. При смене высоты инструмента на заднюю точку был получен новый отсчет  $Z' = 1867$  мм, а на переднюю  $П' = 1746$  мм. Получить значения превышений и сделать вывод о качестве измерений.

**Задача 13.** При выносе в натуру проектной точки превышение между высотой репера и точкой  $h = + 0,280$  м, отметка репера 128,520 м. Какой отсчет а должен быть по рейке на репере, если отсчет по рейке на проектной точке  $b = 1456$  мм.

**Задача 14.** Определить горизонт инструмента нивелира, если известна отметка точки А:  $H_A=98,365$ м и отсчеты по рейке 1738(6423) мм, установленной в точке А.

**Задача 15.** Отметка рабочего репера  $H_A=86,235$  м. Требуется вынести точку В с проектной отметкой  $H_{пр}= 85,963$  м от рабочего репера. Рассчитать отсчет по рейке на проектной точке В, если отсчет по рейке в точке А равен 1217 мм.

**Задача 16.** Каково расстояние, измеренное по нитяному дальномеру, если отсчеты по верхней дальномерной нити 0840 мм, по средней нити 0351 мм.

**Задача 17.** Каков должен быть отсчет по верхнему дальномерному штриху, чтобы при отсчете по нижнему штриху равному 1130, расстояние до определяемой точки было 50 м.

**Задача 18.** На каком расстоянии, при выносе в натуру нивелиром линии заданного уклона  $i = 60\%$ , разность высот по проектной линии будет 0,6 м?

**Задача 19.** Определить уклон линии АВ, если даны пикетаж и отметки: начальной точки ПК3+62,17 –  $H_A=212,365$ м; конечной точки ПК5+20,99 –  $H_B=209,697$ м.

**Задача 20.** Определить уклон участка по трассе дороги и проектную отметку пикета 8, если известны отметки концов участка  $H_{ПК7+20} = 135,24$ М и  $H_{ПК12} = 137,48$ М.

**Задача 21.** Определить отметку пикетной точки при выполнении тахеометрической съемки, если известны отметка станции  $H_{ст.}=124,365$ м, высота инструмента  $i = 1,47$ м, высота наведения  $V=2,10$ м и табличное превышение  $h'= 0,57$ м, вычисленное по измеренному вертикальному углу.

**Задача 22.** Определить величину вертикального элемента здания, если известны углы наклона на верхнюю точку  $V_B = +4^\circ 13'$ , нижнюю  $V_H = -2^\circ 06'$  и расстояние от теодолита до здания равно 38,68м.

**Задача 23.** Известны координаты точек А и В:  $X_A=563,04$ м,  $Y_A=608,63$ м,  $X_B=309,03$ м,  $Y_B=260,08$ м. Определить длину линии АВ и её дирекционный угол.

**Задача 24.** Дан дирекционный угол предыдущей линии  $\alpha_{1,2} = 75^\circ 17'$  и правый по ходу угол между предыдущей и последующей линиями  $\beta = 48^\circ 24'$ . Вычислить дирекционный угол последующей линии  $\alpha_{2,3}$  и пояснить схематически.

**Задача 25.** Дан румб линии  $СЗ:60^\circ 23'$ . Определить прямой и обратный дирекционный угол этой линии.

**Задача 26.** Дан румб линии АВ – ЮВ:  $38^{\circ}42'$ . Определить дирекционный угол линии АВ и истинный азимут (сближение меридианов восточное  $3^{\circ}41'$ ).

**Задача 27.** Известны координаты точки А, дирекционный угол линии АВ и расстояние между точками:  $X_A = 424,03$  м;  $Y_A = 627,98$  м;  $d_{AB} = 186,42$  м;  $\alpha_{AB} = 135^{\circ}24'$ . Вычислить координаты точки В.

Задачи по контрольной работе:

1. Вычислить отметку центра тяжести.
2. Вычислить проектные отметки по заданному уклону.
3. Вычислить рабочие (планировочные) отметки.
4. Вычислить расстояния до точек нулевых работ.
5. Построить горизонтали фактического или проектного рельефа, используя графическую или аналитическую интерполяцию.
6. Вычислить объемы выемки и насыпи в одном квадрате.

**Программа учебной геодезической практики**

№ п/п	Виды работ	Един. измер.	Объём	Число дней
1	Организационное собрание. Изучение правил техники безопасности, получение инструментов. Поверки теодолита и нивелира. Тренировочные измерения.			1,0
2	Создание планово-высотной разбивочной сети: а) проложение теодолитного хода, измерение горизонтальных углов и длин сторон лазерной рулеткой; б) геометрическое нивелирование по точкам теодолитного хода; в) камеральная обработка результатов измерений в программном комплексе CREDO_DAT.	точка	5-6	1,0 0,5 0,5
3	Решение инженерно-геодезических задач: – вынос в натуру проектной отметки и линии заданного уклона; – аналитический расчет разбивки, составление разбивочного чертежа, вынос осей здания на местность; – применение угловой засечки для определения недоступных расстояний, высоты и крена сооружения.	задача	4	2,0
4	Оформление отчета по практике. Защита практики.			1,0
	<b>Всего</b>			<b>6</b>

**Рекомендации по выполнению отдельных видов работ**

**1. Поверки и юстировки геодезических приборов**

После получения приборов необходимо проверить наличие комплектации по описи, внимательно их осмотреть, проверить плавность вращения винтов теодолита и нивелира, а затем выполнить поверки.

**Поверки нивелира:** 1) круглого уровня; 2) сетки нитей; 3) главного условия.

**Поверки теодолита:** 1) цилиндрического уровня; 2) сетки нитей; 3) коллимационной погрешности; 4) места нуля вертикального круга.

**Компарирование землемерной ленты** для определения её рабочей длины (при использовании её для измерения длин сторон теодолитного хода).

Порядок выполнения поверок приводится в [1, с. 12-14, 25-28; 4, с.6-17], результаты выполнения поверок записывают в полевой журнал и затем в соответствующий раздел при составлении отчета по практике.

## 2. Создание плано-высотной разбивочной сети

На местности (на предложенной преподавателем территории) студенты выбирают местоположение точек съёмочного обоснования и закрепляют их кольями в грунте, вбивая их вровень с землей. Съёмочное обоснование представляет собой замкнутый теодолитный ход (5-7 точек).

Полевые работы (измерения).

В теодолитном ходе с помощью технического теодолита способом приёма измеряют правые по ходу (внутренние в полигоне) горизонтальные углы. Если местность наклонная (углы наклона больше  $1,5^\circ$ ), то и вертикальные углы [3, с. 28-29].

Пример записи результатов угловых измерений

Вершина угла	Круг	№ точки визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу	Горизонтальный угол	
				измеренный в полудриеме	средний
2	КП	3	185° 58'	60° 58'	60° 58,5'
		1	125° 00'		
	Перестановка лимба на 2-3°				
	КП	1 3	307° 39' 8° 38'	60° 59'	

Длины сторон теодолитного хода измеряют лазерной рулеткой – производят серию измерений на светоотражающую марку (4-5 измерений) [3, с.41-42] или с помощью землемерной ленты в прямом и обратном направлениях.

Пример записи результатов линейных измерений лазерной рулеткой

Наименование линии	Результаты измерений, м	Среднее значение длины, м	Отклонения от среднего, мм	С.к.п. измерения длины	Относительная с.к.п. m / D
1-2	64,240	64,237	+3	$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} =$ $= \pm 5 \text{ мм}$	1/12800
	64,236		-1		
	64,242		+5		
	64,231		+6		

$$[v^2]=71$$

С помощью магнитной ориентир-буссоли измеряют магнитный азимут исходного направления и, используя численные значения сближения меридианов и склонения магнитной стрелки для г. Бреста, вычисляют дирекционный угол исходного направления теодолитного хода:

$$\alpha = A_m + \delta - \gamma.$$

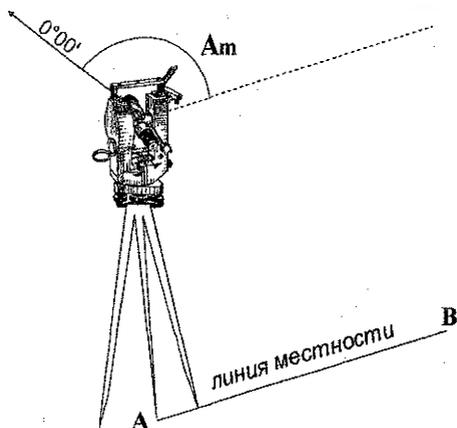


Рисунок 16 – Измерение магнитного азимута

Теодолит устанавливают на точке А, являющейся началом ориентируемой линии, центрируют с помощью нитяного отвеса, приводят в рабочее положение по цилиндрическому уровню.

Рабочее положение теодолита устанавливают «круг лево» и крепят к нему буссоль. Совмещают нули лимба и алидады и в таком положении закрепляют алидаду. Открыв лимб, вращают теодолит в ту или другую сторону до совмещения магнитной стрелки со штрихом буссоли и закрепляют лимб. Убедившись, что отсчет по горизонтальному кругу остался равным  $0^{\circ}00'$  (нуль по северному направлению магнитного меридиана). Далее открывают алидаду и, вращая теодолит по ходу часовой стрелки, наводят на точку, которая является концом ориентируемой линии, и берут отсчет по горизонтальному кругу. Полученный отсчет и будет значением магнитного азимута.

По точкам теодолитного хода выполняют геометрическое нивелирование по программе IV класса с помощью точного нивелира и комплекта 3-метровых шашечных реек [1, с. 16-18].

Пример записи результатов геометрического нивелирования

Номер станции	Номер точки	Дальномерное расстояние, м	Отсчеты по рейке, мм		Превышения, мм			Отметка точки Н, м
			задний	передний	вычисленное $h$	среднее $h_{ср}$ поправка	уровненное $h_{уровн}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2146 <u>1878</u> 26,8	2012 6796		+923	+924	.....	142,215
	2	1229 <u>0949</u> 28,0		1089 5872	+924			

Допуски: разность длин плеч 5 м, расхождение превышений по черной и красной сторонам реек 5 мм.

Результаты измерений заносят в полевой журнал и затем, если измерения качественные, в соответствующий раздел при составлении отчета по практике.

Камеральная обработка результатов измерений выполняется на ПК в программном комплексе CREDO\_DAT, согласно методическим указаниям [10]. Координаты и отметку исходной точки (репера) задаёт преподаватель.

Из полевого журнала в табличные редакторы, использую клавиатуру, вводятся: исходные координаты и высоты пунктов, дирекционные углы; результаты полевых измерений – расстояния, горизонтальные и вертикальные углы, превышения [10, с. 18-26].

Математическая обработка осуществляется в два этапа: предварительная обработка, указывающая на грубые ошибки в результатах измерений, и окончательная – уравнивание по методу наименьших квадратов.

После выполнения уравнивания необходимо распечатать из программного комплекса следующие ведомости:

- *Ведомость теодолитных ходов* содержит описание теодолитных ходов, включая координаты пунктов, измеренные углы и длины сторон, а также дирекционные углы и длины сторон, вычисленные по результатам уравнивания.

- *Характеристики теодолитных ходов* включают вычисленные по результатам уравнивания невязки расчетных теодолитных ходов.

- *Ведомость нивелирных ходов* содержит описание нивелирных ходов, включая абсолютные отметки пунктов, измеренные превышения и длины сторон, а также поправки и уравненные превышения

- *Характеристики нивелирных ходов* включают вычисленные по результатам уравнивания невязки расчетных нивелирных ходов.

- *Ведомость поправок* содержит вычисленные по результатам уравнивания поправки в направления, горизонтальные проложения и превышения, по которым можно судить о качестве выполненных измерений.

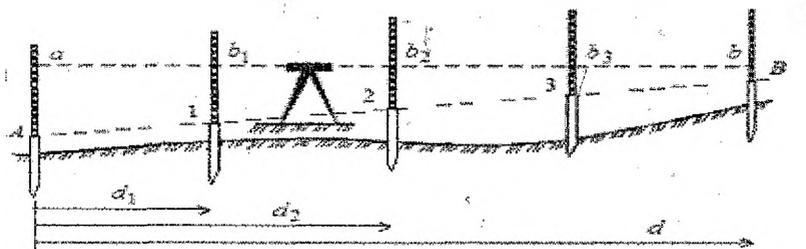
*Примеры ведомостей* приводятся в приложениях методических указаний [10, с. 32-38], их приводят в отчете о практике.

### **3. Решение инженерно-геодезических работ на местности**

**3.1. Вынесение на местность проектной отметки с помощью точного нивелира на основе нивелирования «из середины».** Последовательность решения задачи рассмотрена в [5, с.35].

#### **3.2. Построение на местности линии заданного уклона теодолитом (см. выше с.32).**

Рассмотрим вынос линии заданного уклона горизонтальным визирным лучом нивелира. Нивелир должен стоять рядом со створом АВ. При этом, используя уклон и расстояния, необходимо вычислять отсчеты по рейке  $b_i = a - i \cdot d_i$ , знак «-», если положительный уклон; знак «+», если отрицательный уклон.



**Рисунок 17 – Построение на местности линии заданного уклона нивелиром**

**3.3. Аналитический расчёт разбивочных элементов, составление разбивочного чертежа и вынос осей здания на местность полярным способом.**

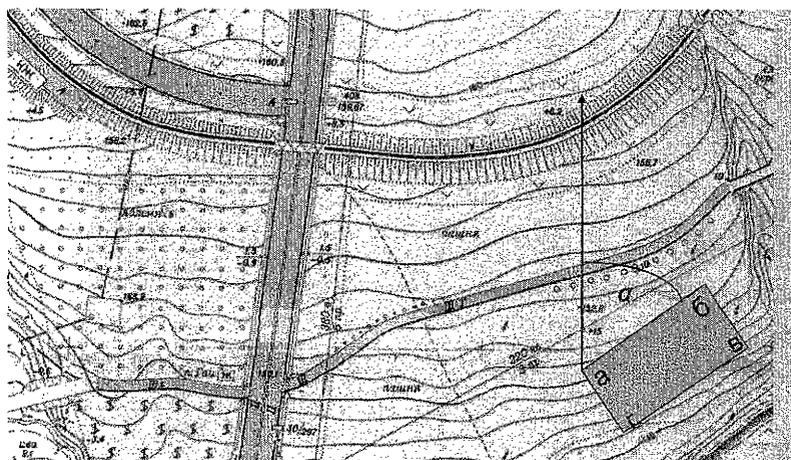
**Задание.** Преподавателем на плане задаётся местоположение проекта здания прямоугольной формы, основные оси которого предполагается вынести и закрепить на местности.

Сначала графически с помощью масштабной линейки и измерителя определяют координаты одного угла здания и измеряют транспортиром дирекционный угол по одной стороне здания.

Вычисления состоят из следующих этапов:

- вычисление координат точек пересечения основных осей (углов здания) по формулам прямой геодезической задачи, обходя по часовой стрелке замкнутым ходом;
- вычисление расстояний и ориентирных углов проектных направлений по формулам обратной геодезической задачи;
- вычисление горизонтальных разбивочных углов (разность соответствующих дирекционных углов направлений).

Вычисления выполнить в программном комплексе CREDO.



**Рисунок 18 – Привязка здания к местности**

### Последовательность вычислений:

а) в программе CREDO\_DAT создать новый проект для расчёта разбивки осей здания;

Пункт	Гор. угол	Верт. угол	Привышение	Расстояние
a	-90°00'00"			42,000
b	-90°00'00"			84,000
c	-90°00'00"			42,000
d	-90°00'00"			84,000

б) вычисление координат точек пересечения осей здания b, c, d по известным координатам точки a :

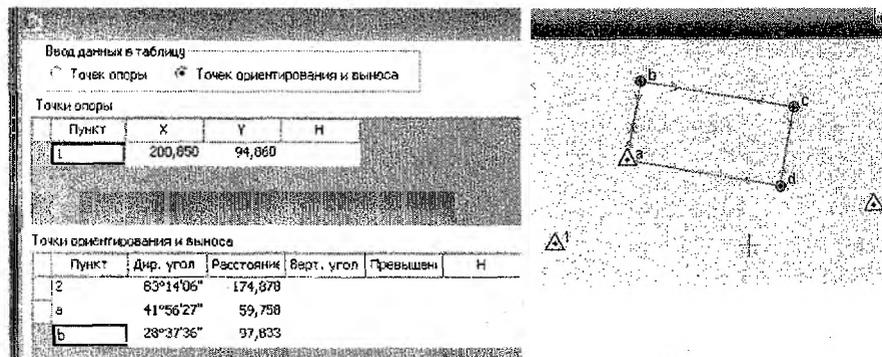
– указываем координаты точки a, используя вкладку **Пункты ПВО**, он является исходным для выполнения расчетов) и дирекционный угол, используя вкладку **Дирекционные углы**;

– задаём углы 90° и габаритные размеры, используя вкладку «теодолитные ходы», обязательно замыкают ход; и нажимаем в строке решения задач: **Выполнить предобработку и Уравнивание**, координаты будут вычислены;

в) укажем координаты исходных точек 1 и 2 (точек теодолитного хода, от которых будет производиться разбивка), используя вкладку **Пункты ПВО**. Затем снова выполним предобработку и уравнивание;

Имя	X	Y	Тип NY	H	Тип H
a	245,300	134,800	Исходный		Рабочий
1	200,850	94,860	Исходный		Рабочий
2	221,450	268,520	Исходный		Рабочий
b	286,724	141,732	Рабочий		Рабочий
c	272,860	224,580	Рабочий		Рабочий
d	231,436	217,648	Рабочий		Рабочий

г) вычисление разбивочных элементов выполняют с использованием вкладки **ОГЗ разбивка**: получают численные значения дирекционных и разбивочных углов, расстояний из решения обратной геодезической задачи;



д) результаты вычислений представить в виде ведомости (взять из программы и поместить в отчёт).

Точка опоры:	1	X:	200,850	Y:	94,860
Точка ориентирования:	2	X:	221,450	Y:	268,520
Имя точки	Дирекционный угол		Горизонтальн. проложение (проектное расстояние)		Угол от базиса (проектный угол)
2	83°14'06"		174,878		0°00'00"
a	41°56'27"		59,758		318°42'21"
b	28°37'36"		97,833		305°23'30"

**Разбивочный чертёж** составляют в крупном масштабе (1:1000 или 1:500) на листе чертежной бумаги формата А-4 чёрным цветом, на нём подписывают значения разбивочных элементов и координаты исходных и проектных точек. Разбивочные углы откладываются транспортиром, стрелкой показывают северное направление.

#### **Разбивка основных осей здания на местности**

**Задание.** Вынести на местность точки пересечения основных осей (углы здания прямоугольной формы) по готовому разбивочному чертежу полярным способом и проконтролировать разбивку, измерив рулеткой габариты и длину диагоналей.

**Комплект приборов:** технический теодолит, штатив, нитяной отвес, вехи, стальная 30-метровая рулетка, кусочки арматуры (6 шт.)

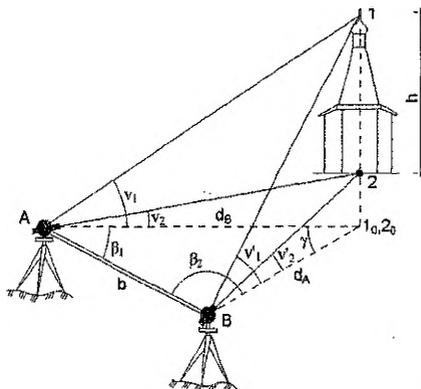
Построение проектных углов выполняют способом «от нуля», расстояния откладывают стальной рулеткой в створе, построенного теодолитом направления. Контроль выноса проектных точек выполняют при положении вертикального круга справа (КП).

Согласно ТКП 45-1.03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве», регламентируется для отдельного здания обязательно выносить три точки пересечения основных осей, а четвертую – используя прямой угол и габаритные размеры.

**Контроль разбивки** на ровной площадке выполняют без привлечения теодолита, используя стальную или лазерную рулетку. Измеряют габариты (ширину и длину) и диагонали. Разбивку считают законченной, если отклонение от проектных размеров составляет в относительной мере 1/2000 – 1/5000 (в зависимости от класса точности зданий).

### 3.4. Определение высоты и крена башенного сооружения способом координат.

На местности разбивают треугольники, выбирая станции (точки А, В и С) на взаимно перпендикулярных осях, в которых измеряют по два горизонтальных угла и базисы, что позволит вычислить неприступные расстояния до центра сооружения и радиусы сечений.



Горизонтальные углы измеряют способом круговых приёмов, работая на образующие, результаты измерений записывают в специальную таблицу. Для определения вертикальных элементов и общей высоты измеряют углы наклона. Результаты измерений записывают в таблицы специальной формы.

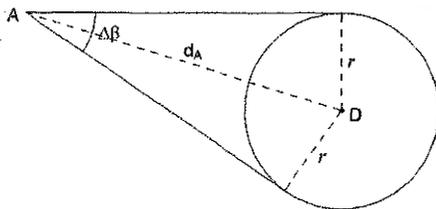
Для определения крена (наклона вертикальной оси) условно задают координаты, например, точки А, и измеряют магнитный азимут по базису АВ с помощью теодолита и ориентир-буссоли.

*Для измерений необходимо использовать точные теодолиты, стальные или лазерные рулетки.*

Неприступные расстояния определяют по теореме синусов

$$d_A = AB \cdot \sin \beta_1 / \sin \gamma \quad \text{и} \quad d_B = AB \cdot \sin \beta_2 / \sin \gamma.$$

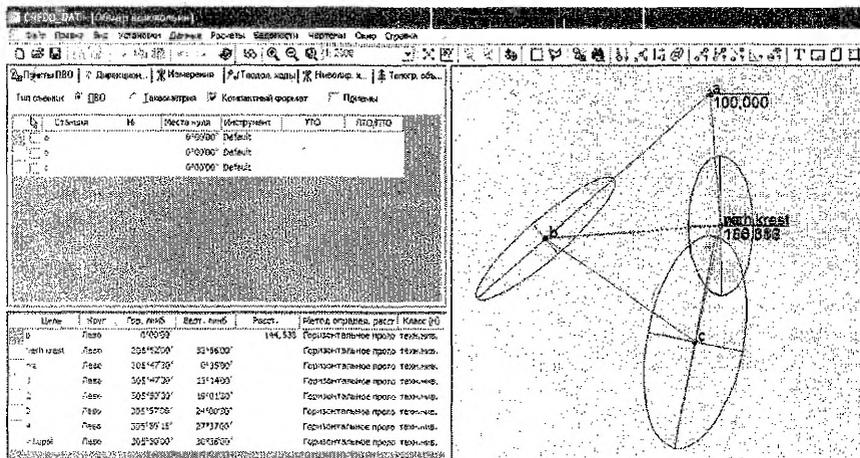
Вертикальное расстояние  $h$  определяют по формуле  $h = d(\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2)$ .



Радиус сечения  $r$  подсчитывают по горизонтальному расстоянию  $d$  от станции до центра вращения и углу  $\Delta\beta$ , составленному направлениями касательных к образующим,

$$r = d \cdot \sin \frac{\Delta\beta}{2}.$$

Обработку результатов измерений производят в программном комплексе CRE-DO\_DAT, используя вкладку *Измерения / Пункты ПВО*.



В результате совместной обработки двукратной прямой угловой засечки получают координаты и отметки, если задавалась условная высота исходной точки, эллипсы погрешностей характеризуют точность определения координат точек из уравнивания.

Таблица – Ведомость координат

N	Имя пункта	X	Y	H
Глано-высотное обоснование				
1	a (исходная точка)	300,000	600,000	100,000
2	b	205,267	490,830	
3	c	136,876	590,495	
4	niz	213,668	607,779	100,882
5	verh	213,525	607,708	136,316

Вычисление крена и его направления выполняют по координатам центра инженерного сооружения в нижнем и верхнем сечениях, используя формулы обратной геодезической задачи.

Частные крены по осям координат равны  $q_X = X_B - X_H$ ;  $q_Y = Y_B - Y_H$ .

Направление крена получают, используя формулу  $tg r = \frac{q_Y}{q_X}$ .

Абсолютный крен равен  $Q = \sqrt{q_X^2 + q_Y^2}$ , а относительный крен  $\frac{Q}{H}$  выражается в тысячных долях и сравнивается с допуском 0,004 для жестких сооружений высотой до 100 м.

### **Правила оформления отчета по учебной геодезической практике**

1. Отчет оформляется бригадой студентов, проходивших практику, в компьютерном варианте черным цветом с использованием электронной версии [10], предоставленной кафедрой ГТК.

2. На листе Реферат присутствует угловой штамп; остальные листы отчета имеют рамку, в углу которой ставится номер страницы. Каждый раздел оформляется с отдельной страницы.

3. Параметры страницы при оформлении отчета в компьютерном варианте следующие: шрифт Times New Roman, поля – сверху и снизу по 2 см, слева – 3 см, справа – 1,5 см. Размер шрифта 13 или 14 пт.

4. Таблицы и рисунки нумеруются в пределах раздела. Таблицы с результатами измерений размещают по тексту, в соответствующих разделах.

5. Отчет брошюруется согласно оглавлению. Нумерация страниц начинается с титульного листа, но номер на ней не ставится.

**Реферат** должен содержать информацию о составе бригады (Ф.И.О), название группы; виды полевых и камеральных работ, которые были выполнены.

**Пояснительная записка по каждому разделу** должна содержать краткие теоретические сведения с пояснительными рисунками и результаты измерений в виде таблиц.

**Графическая документация** может размещаться по тексту в соответствующем разделе либо в конце в виде приложений. Все графические документы оформляются цветом (гелевыми или капиллярными ручками черного, красного, синего, зеленого и коричневого цветов). Полевой журнал ведётся ручкой (использование карандаша запрещается). Абрис съемки оформляются карандашом на плотной бумаге. Топографический план вычерчивается на ватмане формата А-1 или А-2, строго соблюдая условные знаки и нужную цветовую гамму. Рисунки можно оформить вручную или с использованием программного комплекса AutoCAD. Оформление графической документации допускается разными студентами.

**Результаты вычислений** из программного комплекса CREDO\_DAT распечатываются в виде таблиц и брошюруются в отчет.

**Список использованных источников** составляется по фамилиям авторов (в алфавитном порядке) либо в логической последовательности использования их в отчете.

### **Список литературы**

1. Михелев, Д.Ш. Инженерная геодезия. – Москва: ИЦ Академия, 2004.
2. Инженерная геодезия: учебник для студ. строит. спец. вузов / В.П. Подшивалов, М.С. Несеренко. – Минск: 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, 2002.
9. Кулешов, Д.А. Инженерная геодезия для строителей / Д.А. Кулешов, Г.Е. Стрельников. – М.: Недра, 1990.
10. Методические указания. Применение программного комплекса CREDO\_DAT для камеральной обработки геодезических измерений / Л.Ф. Зуева. – Брест: БрГТУ, 2009.

**Составители:**

*Зуева Людмила Фёдоровна*

*Смутько Татьяна Владимировна*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения контрольной и лабораторных работ,  
учебной практики по «Инженерной геодезии»  
для студентов специальности

70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство  
заочной сокращенной формы обучения факультета ИДУиФ

Ответственный за выпуск: Зуева Л.Ф.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 12.03.2014 г. Формат 60x84 1/16. Гарнитура Arial Narrow.  
Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 2,8. Уч. изд. 3,0. Заказ № 163. Тираж 150 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.