

**Приложение 2 к РПД «Геодезия»  
Специальность - 21.05.05 Физические процессы горного  
или нефтегазового производства  
Специализация №1 «Физические процессы горного производства».  
Форма обучения – очная  
Год набора - 2020**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Специальность	21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства
3.	Специализация	№1 Физические процессы горного производства
4.	Дисциплина (модуль)	Геодезия
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2020

**Перечень компетенций**

- готовность использовать научные законы и методы при геолого-промышленной оценке месторождений полезных ископаемых и горных отводов (ОПК-5);
- способность определять пространственно-геометрическое положение объектов, способность обрабатывать и интерпретировать результаты выполненных геодезических и маркшейдерских измерений (ПК-8).

### 3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Введение. Предмет и задачи курса.	ОПК-5, ПК-8	содержание, предмет и задачи курса. Исторические сведения о развитии геодезии. Картографо-геодезическое обеспечение геолого-геодезических исследований.	использовать и применять методику фотограмметрических измерений.	спутниковыми технологиями позиционирования и дистанционного зондирования. Способами математической обработки результатов измерений.	Практическая работа. Устный опрос на понимание терминов.
2. Понятие о форме и размерах Земли.	ОПК-5, ПК-8	форму и размеры Земли. Современные воззрения на форму и фигуру Земли. Что такое геоид, эллипсоид, референц-эллипсоид. Основы теории фигуры Земли. О влиянии кривизны Земли на горизонтальные расстояния и высоты точек местности.	графически изображать земную поверхность. Применять в своей работе математические модели Земли. В частности, эллипсоид Красовского — Изотова. Рассчитывать степень сжатия эллипсоида.	основными характеристиками земной поверхности. Принципами изображения земной поверхности на плоскости.	
3. Системы координат и высот, используемые в геодезии.	ОПК-5, ПК-8	системы координат, используемые в геодезии; основные требования к составлению картографического материала, углы ориентирования, используемые в геодезии;	использовать методы оценки количества и качества запасов месторождений полезных ископаемых с помощью геодезии.	способами инструментального измерения линий, горизонтальных и вертикальных углов, превышений.	Решение задач на практических занятиях
4. План и карта. Масштабы карт и планов. Разграфка и номенклатура карт и планов.	ОПК-5, ПК-8	способы математической обработки результатов измерений; основные способы съемки объектов на местности; виды основных геодезических работ. Номенклатуру карт.	Создавать, читать и понимать топографические планы, карты и извлекать из них всю необходимую информацию.	способами разграфки карт и планов. Опытном составлении необходимых карт и планов различного масштаба.	

5. Ориентирование линий на карте и на местности. Истинные, дирекционные углы, магнитные азимуты, румбы направлений. Их связь между собой.	ОПК-5, ПК-8	системы координат, используемые в геодезии. Виды основных геодезических работ. Как обращаться с геодезическими приборами. Измерять горизонтальные, вертикальные углы и расстояния с помощью дальномера.	Разрабатывать проекты, средства и методы выполнения натурных наблюдений, рекомендации по их применению, обработке и интерпретации результатов. Выносить проектные данные в натуру.	геодезическими приборами и другими принадлежностями для ведения полевых работ. Способами построения планов и профилей местности.	Практическая работа. Контрольная работа № 1.
6. Сведения из теории погрешностей применительно к геодезическим измерениям.	ОПК-5, ПК-8	погрешности измерений, их виды и классификацию. Свойства случайных погрешностей и критерии их оценки. Закон нормального распределения случайных погрешностей. При каких условиях измерений результаты считаются неравноточными.	определять погрешности в измерениях и вычислениях. Оценивать точность результатов измерений. Различать равноточные (в однородных условиях) и неравноточные измерения. Рассчитывать веса измерений, общее арифметическое среднее или весовое среднее.	математической обработкой результатов топографо-геодезических измерений. Методами вычисления средней квадратической, относительной и предельной погрешностей. Методами оценки количества и качества запасов полезных компонентов.	Решение задач на практических занятиях
7. Плановая геодезическая основа съемочных работ.	ОПК-5, ПК-8	способы инструментального измерения линий, горизонтальных и вертикальных углов и превышений; как проводится сгущение Государственной геодезической сети.	определять показатели полноты и качества извлечения полезных ископаемых при рациональном использовании недр.	приемами и навыками работы на современных электронных геодезических приборах, способами оценки и учета запасов минерального сырья.	Практическая работа. Групповая дискуссия
8. Производство угловых и линейных измерений на местности.	ОПК-5, ПК-8	основные способы съемки объектов на местности. Способы математической обработки результатов измерений.	измерять горизонтальные, вертикальные углы и дальномерные расстояния; производить вынос проекта в натуру.	основными способами съемки объектов на местности; виды основных геодезических работ.	Практическая работа. Контрольная работа № 2
9. Высотная геодезическая основа съемочных работ.	ОПК-5, ПК-8	основные приборы и способы ведения высотной съемки. Деление уровенной поверхности на исходную и условную. Абсолютные, условные и относительные высоты.	вычислять высотные отметки пикетов и других точек местности и выносить их на топографические планы и карты. Осуществлять выносу проектных данных в натуру.	приемами работы на нивелире. Способами математической обработки результатов топографо-геодезических измерений. Программами и принципами построения государственной геодезической сети.	Практическая работа. Контрольная работа № 3

10. Топографические съемки местности.	ОПК-5, ПК-8	как проводится топографическая съёмка. Как создаются топографические чертежи с помощью компьютерных технологий. Основные требования к составлению картографических материалов.	создавать опорные и съёмочные маркшейдерские сети на земной поверхности и в горных выработках. Измерять горизонтальные и вертикальные углы на местности и расстояния с помощью лент и дальномеров.	опытом чтения и составления необходимых планов и карт различного масштаба. Способами построения профилей и трасс дорог на местности, а также транспортных путей в карьерах.	Практическая работа. Доклад с презентацией
11. Аэро- и космические методы исследования природной среды.	ОПК-5, ПК-8	технические средства аэрофотосъёмки для целей картографирования. О фотограмметрической воздушной и спутниковой съёмках.	устранять различные виды искажений и знать способы их устранения. Определять превышения по стереопаре аэроснимков.	современными электронными геодезическими приборами, методами аэрофотосъёмки и спутниковой геодезии.	Практическая работа. Реферат
12. GPS/ГЛОНАСС-технологии.	ОПК-5, ПК-8	измерения, выполняемые спутниковыми приемниками. Кинематику «в полете» (OTF) и в реальном времени (RTK).	вводить поправки за вращение Земли, за влияние ионосферы и влияние отраженных сигналов, за зашумление сигнала.	способами трансформирования и преобразования координат из системы GPS/ГЛОНАСС в системы СК-42 и СК-65.	Практическая работа. Групповая дискуссия

## 4. Критерии и шкалы оценивания

### 4.1 Устный опрос на понимание терминов

Процент правильных ответов	До50	51-60	61-80	81-100
Количество баллов за ответы	0	1	2	3

### 4.2 Доклад с презентацией

Баллы	Характеристики выступления обучающегося
5	<ul style="list-style-type: none"><li>– студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;</li><li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li><li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li><li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li><li>– делает выводы и обобщения;</li><li>– свободно владеет понятиями</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>– студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li><li>– не допускает существенных неточностей;</li><li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li><li>– аргументирует научные положения;</li><li>– делает выводы и обобщения;</li><li>– владеет системой основных понятий</li></ul>
1	<ul style="list-style-type: none"><li>– тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент усвоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;</li><li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li><li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li><li>– слабо аргументирует научные положения;</li><li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li><li>– частично владеет системой понятий</li></ul>
0	<ul style="list-style-type: none"><li>– студент не усвоил значительной части проблемы;</li><li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;</li><li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li><li>– не может аргументировать научные положения;</li><li>– не формулирует выводов и обобщений;</li><li>– не владеет понятийным аппаратом</li></ul>

### 4.3 Решение задач

**5** баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**4** балла выставляется, если студент выполнил не менее 90% рекомендованных задач, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**3** балла выставляется, если студент выполнил не менее 80% рекомендованных задач, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**2** балла выставляется, если студент выполнил не менее 70% рекомендованных задач, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**1** балл выставляется, если студент выполнил не менее 60% рекомендованных задач.

**0** баллов - если студент выполнил менее 50% рекомендованных задач.

#### 4.4 Реферат

Баллы	Характеристики ответа студента
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;</li> <li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li> <li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- свободно владеет понятиями.</li> </ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>- не допускает существенных неточностей;</li> <li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li> <li>- аргументирует научные положения;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- владеет системой основных понятий.</li> </ul>
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li> <li>- слабо аргументирует научные положения;</li> <li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>- частично владеет системой понятий.</li> </ul>
<b>0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- студент не усвоил значительной части проблемы;</li> <li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;</li> <li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>- не может аргументировать научные положения;</li> <li>- не формулирует выводов и обобщений;</li> <li>- не владеет понятийным аппаратом.</li> </ul>

#### 4.5 Контрольная работа

Баллы	Содержание работы
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- содержание работы соответствует выданному заданию;</li> <li>- контрольное задание выполнено уверенно, логично, последовательно и грамотно;</li> <li>- все расчеты сделаны без ошибок;</li> <li>- выполненная графика соответствует стандартным требованиям;</li> <li>- выводы и обобщения аргументированы;</li> <li>- ссылки на литературу соответствуют библиографическим требованиям.</li> </ul>
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные требования к работе выполнены, но при этом допущены некоторые недочёты;</li> <li>- имеются неточности в стиле изложения материала;</li> <li>- имеются упущения в оформлении графики.</li> </ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа выполнена на 50%;</li> <li>- имеются существенные отступления от требований к оформлению графических материалов и текста;</li> <li>- допущены ошибки в расчетах;</li> <li>- отсутствует логическая последовательность в выводах;</li> <li>- отсутствуют ссылки на литературные источники.</li> </ul>

<b>0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обнаруживается полное непонимание сути выполняемой работы;</li> <li>- имеется большое количество грубейших ошибок;</li> <li>- отсутствуют практические навыки и теоретические знания предмета.</li> </ul>
----------	--

#### **4.6 Выполнение задания на составление глоссария и опорного конспекта**

Критерии оценки	Количество баллов
1 Содержание глоссария соответствует темам изучаемой дисциплины. Термины расположены в алфавитном порядке.	<b>5</b>
2. Опорный конспект отвечает предъявляемым требованиям и включает все пройденные темы. Грамотно изложен текст, аккуратно оформлены все иллюстрации и рисунки к тексту.	<b>5</b>
<b>Итого:</b>	<b>10 баллов</b>

#### **4.7 Групповая дискуссия**

Процент правильных ответов	До 50	>50
Количество баллов за ответы	<b>0</b>	<b>1</b>

**5. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

##### **5.1 Типовое тестовое задание на понимание терминов**

Ниже приводятся определения важнейших терминов по данной теме. Выберите правильное определение для каждого термина из списка:

1. Курвиметр.
2. Геоид.
3. Электронный тахеометр.
4. Азимут.
5. Дирекционный угол.
6. Румб.
7. Трилатерация.
8. Лимб.
9. Магнитное склонение.
10. Буссоль.
11. Кипрегель.
12. Мензула.
13. Теодолит.
14. Нивелирование.
15. ГЛОНАСС.
16. Сближение меридианов.
17. Эфемериды

*a* – прогнозируемые координаты положения спутников на момент времени, интересующий пользователя;

*b* – угол между направлениями двух меридианов;

*v* – Глобальная Навигационная Спутниковая Система;

*z* – вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек;

*d* – специальный прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов;

*e* – закрепленный на штативе планшет, образующий столик для работы на съемке;

*жс* – углоначертательный прибор для визирования с точки стояния на объекты местности, подлежащие съемке, определения расстояний до них и превышения;  
*з* – прибор для ориентирования на местности и измерения магнитных азимутов и магнитных румбов;  
*и* – угол между геодезическим и магнитным меридианами;  
*к* – плоское кольцо с нанесенными на боковой поверхности штрихами, делящими окружность на равные части (градусы, минуты);  
*л* – метод создания базисной геодезической сети путем построения на местности примерно равносторонних треугольников, в которых вместо углов измеряются длины сторон;  
*м* – острый угол между ближайшим (северным или южным) направлением меридиана и направлением линии, проходящей через точку стояния;  
*н* – угол, отсчитываемый в направлении хода часовой стрелки от положительного (северного) направления оси абсцисс до линии, направление которой определяется;  
*о* – угол между северным направлением меридиана и направлением линии на объект исследования по ходу движения часовой стрелки;  
*п* – геодезический прибор, объединяющий в себе возможности электронного теодолита, высокоточного светодальномера и полевого компьютера;  
*р* – уровенная поверхность морей и океанов (без приливов-отливов, сгонов и нагонов), продолженная под материками;  
*с* – прибор для измерения длины кривых линий.

**Ключ:** 1-с, 2-р, 3-п, 4-о, 5-н, 6-м, 7-л, 8-к, 9-и, 10-з, 11-ж, 12-е, 13-д, 14-г, 15-в, 16-б, 17-а.

## 5.2 Типовые задачи с решением

Успешному изучению теоретических основ дисциплины и применению полученных знаний на практике в значительной мере способствует решение задач и примеров, как при групповом обучении, так и при самостоятельной, индивидуальной работе. Студентам в течение семестра преподавателем предлагаются для решения различные задачи по геологическим исследованиям, выполняемым при поисках, разведке и добыче полезных ископаемых.

### Пример 1.

#### Прямая геодезическая задача.

Задача формулируется так: заданы  $X_A$  и  $Y_A$  — плоские геодезические координаты точки  $A$  (рис. 1). Измерено непосредственно в натуре расстояние  $S$  между точками  $A$  и  $B$  — угол положения (направления). Из рисунка 1 находим приращения координат:

$$\Delta x_{AB} = S \cdot \cos \alpha; \quad \Delta y_{AB} = S \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Получаем искомые координаты точки  $B$ :

$$X_B = X_A + \Delta x_{AB}, \quad Y_B = Y_A + \Delta y_{AB} \quad (2)$$

#### **Задача 1. Решить прямую геодезическую задачу.**

Известны:  $X_A = 81819,9$ ;  $Y_A = 41894,8$ ;  $\alpha = 275^\circ 40' 50''$ ;  $S = 220,8$  м.

Определить координаты ориентира  $B$ .

*Решение.*

$$\Delta x_{AB} = 220,8 \cdot \cos 275^\circ 40' 50'' = 220,8 \cdot 0,099 = +21,86 \text{ м.}$$

$$\Delta y_{AB} = 220,8 \cdot \sin 275^\circ 40' 50'' = -220,8 \cdot 0,9951 = -219,72 \text{ м.}$$

Искомые координаты точки  $B$ :

$$X_B = X_A + \Delta x_{AB} = 81819,9 + 21,86 = 81841,76 \text{ м.}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta y_{AB} = 41894,8 - 219,72 = 41675,08 \text{ м.}$$

## Обратная геодезическая задача.

**Задача 2. Решить обратную геодезическую задачу.**

Даны координаты точек А и В (см. рис. 1):  $x_A = 32761,3$  и  $y_A = 87847,4$  м;  $x_B = 36184,3$  и  $y_B = 84249,7$  м. Следует найти дирекционный угол  $\alpha$  линии АВ и расстояние  $S_{AB}$ . Из рисунка видно, что

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{\Delta y_{BA}}{\Delta x_{BA}} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad S_{AB} = \frac{\Delta y_{AB}}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{\Delta x_{AB}}{\cos \alpha_{AB}}; \quad (3)$$

$$S_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = \sqrt{\Delta x_{BA}^2 + \Delta y_{BA}^2}. \quad (4)$$

*Решение.*

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{\Delta y_{BA}}{\Delta x_{BA}} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{84249,7 - 87847,4}{36184,3 - 32761,3} = -1,051; \quad \alpha_{AB} = 133^{\circ}54'30''.$$

$$S_{AB} = \sqrt{(36184,3 - 32761,3)^2 + (84249,7 - 87847,4)^2} = 4965,92 \text{ м.}$$

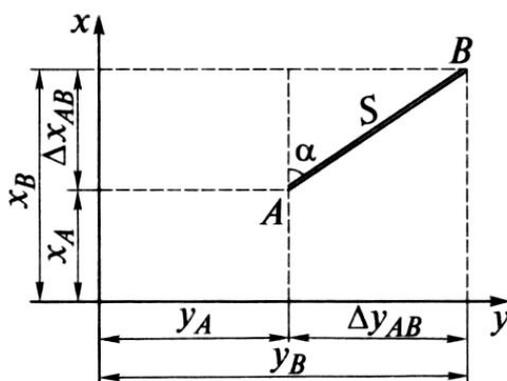


Рис. 1. Решение прямой и обратной геодезических задач.

### **5.3 Темы докладов**

Согласно приведенному ниже перечню тем докладов и рефератов, студенты готовят и сообщают на лабораторных занятиях и на научно-практических конференциях свои самостоятельные работы. В примерный перечень тем включены главным образом те разделы дисциплины, по которым проводятся практические работы или решение задач.

Литературные источники для выполнения самостоятельных работ приведены в разделе 6 рабочей программы.

#### **Примерный перечень тем докладов**

1. Фигура Земли. Геоид, эллипсоид, референц-эллипсоид. Математические модели Земли. Влияние кривизны Земли на горизонтальные расстояния и высоты точек местности.

2. Определение положение точки в географической, эллипсоидальной и пространственной системах координат. Взаимное расположение геоцентрической (ПЗ-90) и референцной (СК-42 и СК-95) систем координат. Связь астрономических долгот и широт с геодезическими.

3. Цилиндрическая равноугольная проекция карты мира, используемая для морских карт - проекция Меркатора (Universal Transverse Mercator – UTM). Поперечная цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера. Отличие этих проекций.

4. Приборы для ориентирования на местности. Магнитное склонение. Основные способы определения положения точек на местности.

5. Средняя квадратическая, предельная и относительная погрешности. Оценка точности результатов измерений. Равноточные и неравноточные измерения. Веса результатов измерений.

6. Принципы организации, классификации и методы создания геодезических сетей. Государственная сеть России и ее характеристика. Плановые геодезические сети. Высотные геодезические сети.

7. Современные геодезические приборы. Лазерные геодезические приборы. Электронные теодолиты и тахеометры. Оптический, нитяной и электромагнитный дальнометры.

8. Тригонометрическое (геодезическое), геометрическое и фотограмметрическое нивелирование. Физические методы нивелирования.

9. Контурно-комбинированный и стереотопографический способы топографической съемки. Наземная стереофотограмметрическая съемка, понятие о сканерной съемке.

10. Технические средства аэрофотосъемки для целей картографирования. Аэрофотоснимок, геометрические свойства снимков. Виды искажений, анализ искажений и способы их устранения.

11. Глобальные системы определения местоположения. ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS. Системы отсчета времени и координат.

#### 5.4 Перечень тем рефератов

1. Поперечная цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера.
2. Применение GPS/ГЛОНАСС-технологий в геодезии.
3. Звездная система координат.
4. Координаты на геоиде и моделях Земли.

Список учебно-методической литературы для выполнения самостоятельных работ приведен в разделах 7 и 9 программы.

#### 5.5 Пример выполнения контрольной работы

Контрольные работы подводят итог изучению отдельных разделов дисциплины. Самостоятельная работа студента предполагает кропотливую работу с научной и учебно-методической литературой, неполный список которой указан в разделе 6 рабочей программы.

В контрольные задания вошли следующие темы:

*Тема 5.* Ориентирование линий на карте и на местности. Истинные, дирекционные углы, магнитные азимуты, румбы направлений. Их связь между собой. (Контрольная работа № 1).

*Тема 8.* Производство угловых и линейных измерений на местности. (Контрольная работа № 2).

*Тема 9.* Высотная геодезическая основа съемочных работ. (Контрольная работа № 3).

В качестве примера рассмотрим решение контрольной работы № 2, которая является наиболее сложной и объемной по сравнению с другими работами.

**Задание 1. Вычисление исходных дирекционных углов линий, решение прямой геодезической задачи.**

Задание состоит из двух задач:

**Задача 1.** Вычислить дирекционные углы линий  $BC$  и  $CD$ , если известны дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  и измеренные правые по ходу углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (см. рис. 1).

Исходный дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  берется в соответствии с шифром и фамилией студента: число градусов равно двухзначному числу, плюс столько минут, сколько букв в фамилии студента.

Пример:

Зуев	85229	$\alpha_{AB} = 29^{\circ}34,2'$
Иванова	85020	$\alpha_{AB} = 20^{\circ}37,2'$
Соколов-Осадчий	85002	$\alpha_{AB} = 2^{\circ}44,2'$

Правый угол при точке  $B$  (между сторонами  $AB$  и  $BC$ ), для всех  $\beta_1 = 189^{\circ} 59,2'$ ; правый угол при точке  $C$  (между сторонами  $BC$  и  $CD$ )  $\beta_2 = 159^{\circ} 28,0'$ .

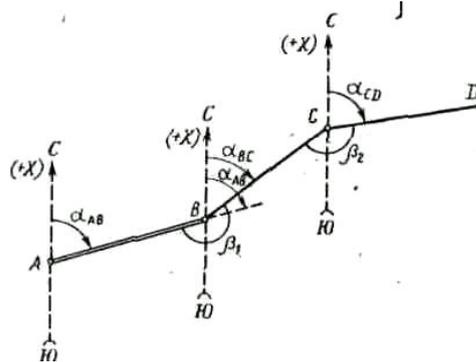


Рис. 1. К вычислению дирекционных углов сторон теодолитного хода.

Дирекционные углы вычисляют по правилу: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс  $180^{\circ}$  и минус горизонтальный угол, справа по ходу лежащий. Следовательно,  $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^{\circ} - \beta_1$ ;  $\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + 180^{\circ} - \beta_2$ .

*Пример.* Вычисление дирекционных углов выполняем столбиком:

$$\begin{array}{r}
 \alpha_{AB} \dots\dots 29^{\circ} 34,2' \\
 \quad \quad \quad + 180^{\circ} \\
 \hline
 \quad \quad \quad 209^{\circ} 34,2' \\
 \quad \quad \quad - 189^{\circ} 59,2' \\
 \hline
 \alpha_{BC} \dots\dots 19^{\circ} 35,0' \\
 \quad \quad \quad + 180^{\circ} \\
 \hline
 \quad \quad \quad 199^{\circ} 35,0' \\
 \quad \quad \quad - 159^{\circ} 28,0' \\
 \hline
 \alpha_{CD} \dots\dots 40^{\circ} 07,0'
 \end{array}$$

*Примечание.* Если при вычислении уменьшаемое окажется меньше вычитаемого, то к уменьшаемому прибавляют  $360^{\circ}$ . Если дирекционный угол получается больше  $360^{\circ}$ , то из него вычитают  $360^{\circ}$ .

**Задача 2.** Найти координаты  $x_C$  и  $y_C$  точки  $C$  (см. рис. 1), если известны координаты  $x_B$  и  $y_B$  точки  $B$ , длина (горизонтальное проложение)  $d_{BC}$  линии  $BC$  и дирекционный угол  $\alpha_{BC}$  этой линии. Координаты точки  $B$  и длина  $d_{BC}$  берутся одинаковыми для всех вариантов:  $x_B = -14,02$  м,  $y_B = +627,98$  м,  $d_{BC} = 239,14$  м. Дирекционный угол  $\alpha_{BC}$  линии  $BC$  следует взять из решения предыдущей задачи.

Координаты точки  $C$  вычисляются по формулам:

$$x_C = x_B + \Delta x_{BC}; \quad y_C = y_B + \Delta y_{BC},$$

где  $\Delta x_{BC}$  и  $\Delta y_{BC}$  – приращения координат, вычисляемые из соотношений  $\Delta x_{BC} = d_{BC} \cos \alpha_{BC}$ ;  $\Delta y_{BC} = d_{BC} \sin \alpha_{BC}$ .

Вычисления приращений координат рекомендуется вести на микрокалькуляторе для инженерных расчетов.

*Пример.* Дано:  $d_{BC} = 239,14$  м;  $\alpha_{BC} = 19^{\circ} 35'$ . Выполнив вычисления, получаем  $\Delta x_{BC} = +225,31$  м;  $\Delta y_{BC} = +80,15$  м.

Решение каждой задачи должно сопровождаться схематическим чертежом, соответствующим выполняемому варианту.

В задаче 1 пример подобран так, что вычисленный дирекционный угол  $\alpha_{CD}$  последней линии должен получиться на  $10^{\circ} 32,8'$  больше, чем исходный дирекционный угол  $\alpha_{AB}$ . Это должно служить контролем правильности решения первой задачи.

Решение задачи 2 непосредственно не контролируется. К ее решению надо подойти особенно внимательно, так как вычисленные координаты  $x_C$  и  $y_C$  точки  $C$  будут использованы в следующем задании.

**Задание 2. Составление топографического плана участка работ.**

По данным полевых измерений составить и вычертить топографический план участка работ в масштабе 1: 2000 с высотой сечения рельефа 1 м.

Работа состоит из следующих этапов: обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода; обработка тахеометрического журнала; построение топографического плана.

*Исходные данные*

1. Для съемки участка на местности между двумя пунктами полигонометрии ПЗ-8 и ПЗ-19 был проложен теодолитно-высотный ход. В нем измерены длины всех сторон (см. рис.2), а на каждой вершине хода – правый по ходу горизонтальный угол и углы наклона на предыдущую и последующую вершины.

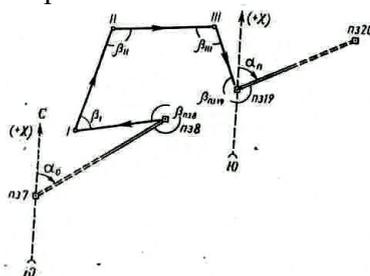


Рис. 2. Схема теодолитно-высотного хода съемочного обоснования

Результаты измерений горизонтальных углов и линий (табл. 1), а также тригонометрического нивелирования (табл. 3 и 4) являются общими для всех вариантов.

**Результаты измерений углов и длин сторон хода**

Таблица 1

Номера вершин хода	Измеренные углы (правые)		Длина сторон (горизонтальные проложения), м
	°	'	
ПЗ 8	330	59,2	263,02
I	50	58,5	
II	161	20,0	239,21
III	79	02,8	269,80
ПЗ 19	267	08,2	192,98

Измерение углов производилось оптическим теодолитом 2ТЗ0 с точностью отсчетов по шкаловому микроскопу 0,5'.

2. Известны координаты полигонометрических знаков ПЗ-8 и ПЗ-19 (т.е. начальной и конечной точек хода):

$$x_{ПЗ 8} = - 14,02 \text{ м}, \quad y_{ПЗ 8} = + 627,98.$$

Координаты  $x_{ПЗ 19}$  принимается равным значению  $x_C$ , а  $y_{ПЗ 19}$  – значению  $y_C$ , полученным при решении задачи 2 в задании 1.

Известны также исходный  $\alpha_0$  и конечный  $\alpha_n$  дирекционные углы:

$\alpha_0$  – дирекционный угол направления ПЗ 7 – ПЗ 8; берется в соответствии с шифром и фамилией студента – так же, как и в задании 1; таким образом,  $\alpha_0 = \alpha_{AB}$ ;

$\alpha_n$  – дирекционный угол стороны ПЗ 19 – ПЗ 20; для всех студентов принимается равным дирекционному углу  $\alpha_{CD}$  линии  $CD$ , вычисленному в задаче 1.

Так, в нашем примере  $\alpha_0 = \alpha_{AB} = 29^\circ 34,2'$ ,  $\alpha_n = \alpha_{CD} = 40^\circ 07,0'$ .



Для контроля вычисления дирекционных углов следует найти конечный дирекционный угол  $\alpha_n$  по дирекционному углу  $\alpha_{III - ПЗ 19}$  последней стороны и исправленному углу  $\beta_{ПЗ 19}$  при вершине ПЗ 19:

$$\alpha_n = \alpha_{III - ПЗ 19} + 180^\circ - \beta_{ПЗ 19}.$$

Это вычисленное значение  $\alpha_n$  должно совпасть с заданным дирекционным углом  $\alpha_n$ .

**Вычисление приращений координат.** Приращения координат вычисляют по формулам:

$$\Delta x = d \cos \alpha; \quad \Delta y = d \sin \alpha.$$

так же, как в задаче 2 задания 1.

Вычисленные значения приращений  $\Delta x$  и  $\Delta y$  выписывают в графы 6 и 7 ведомости с точностью до сотых долей метра. Знаки приращений устанавливают в зависимости от знаков  $\cos \alpha$  и  $\sin \alpha$ . Складывают все вычисленные значения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , находя практические суммы приращений координат  $\sum \Delta x_{пр}$  и  $\sum \Delta y_{пр}$ .

**Нахождение абсолютной и относительной линейных невязок хода; увязка приращений координат.** Сначала вычисляют невязки  $f_x$  и  $f_y$  в приращениях координат по осям  $x$  и  $y$ :

$$f_x = \sum \Delta x_{пр} - \sum \Delta x_{т}, \quad f_y = \sum \Delta y_{пр} - \sum \Delta y_{т},$$

где  $\sum \Delta x_{т} = x_{кон} - x_{нач}$  и  $\sum \Delta y_{т} = y_{кон} - y_{нач}$  теоретические суммы приращений координат, вычисляемые как разности абсцисс и ординат конечной ПЗ 19 и начальной ПЗ 8 точек хода.

*Примечание.* Координаты начальной и конечной точек хода предварительно записывают в графах 10 и 11 ведомости и подчеркивают.

Абсолютную линейную невязку  $f_p$  хода вычисляют по формуле

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

и записывают с точностью до сотых долей метра.

Относительная линейная невязка  $f_p / P$  хода ( $P$  – сумма длин сторон хода) выражается простой дробью с единицей в числителе. Если относительная невязка окажется меньше допустимой  $1/2000$ , то невязки  $f_x$  и  $f_y$  распределяют, вводя поправки в вычисленные значения приращений координат. Поправки в приращения распределяют прямо пропорционально длинам сторон хода, записанным в графе 6, и вводят со знаком, обратным знаку соответствующей невязки. Значения поправок округляют до сотых долей метра и записывают в ведомости над соответствующими приращениями, следя за тем, чтобы суммы поправок в  $\Delta x$  и  $\Delta y$  равнялись невязке соответственно  $f_x$  или  $f_y$  с противоположным знаком. Исправленные приращения записывают в графы 8 и 9; суммы исправленных приращений координат должны быть равны соответственно  $\sum \Delta x_{т}$  и  $\sum \Delta y_{т}$ .

*Примечание.* Примеры в задании подобраны так, чтобы невязка  $f_p / P$  получалась допустимой. Если эта величина окажется больше  $1/2000$ , значит в вычислениях допущена ошибка.

**Вычисление координат вершин хода.** Координаты вершин хода получают путем последовательного алгебраического сложения координат предыдущих вершин хода с соответствующими исправленными приращениями:

$$x_{II} = x_{ПЗ 8} + \Delta x_{ПЗ 8-II}; \quad x_{III} = x_{II} + \Delta x_{II-III} \text{ и т.д.}$$

Контролем правильности вычислений являются получение по формулам

$$x_{ПЗ 19} = x_{III} + \Delta x_{III-ПЗ 19}; \quad y_{ПЗ 19} = y_{III} + \Delta y_{III-ПЗ 19}$$

координат конечной точки ПЗ 19 хода.

### **Задание 3. Обработка тахеометрического журнала**

В табл. 3 приведена часть журнала тахеометрической съемки, в котором студент должен обработать результаты измерений, выполненных на станции ПЗ 19.

**Вычисление места нуля вертикального круга и углов наклона.** Из отсчетов по вертикальному кругу при «круге лево» (КЛ) и «круге право» (КП) на предыдущую и

последующую станции дважды вычисляют место нуля ( $M0$ ). Для оптического теодолита 2Т30, которым была выполнена тахеометрическая съемка

$$M0 = \frac{KL + KP}{2}.$$

При наведении со станции ПЗ 19 на станцию III

$$M0 = \frac{-1^{\circ}34' + 1^{\circ}35,5'}{2} = +0^{\circ}00,75' \approx +0^{\circ}00,8'.$$

Углы наклона  $v$  на предыдущую и последующую точки теодолитно-высотного хода вычисляют с контролем по формуле

$$v = \frac{KL - KP}{2} = KL - M0 = M0 - KP$$

и записывают со своим знаком (плюс или минус) в графу 6.

При наблюдении со станции ПЗ 19 на станцию III угол наклона

$$v = \frac{-1^{\circ}34' - 1^{\circ}35,5'}{2} = -1^{\circ}34,75' \approx -1^{\circ}34,8',$$

$$v = -1^{\circ}34' - 0^{\circ}00,75' = -1^{\circ}34,75' \approx -1^{\circ}34,8',$$

$$v = +0^{\circ}00,75' - 1^{\circ}35,5' = -1^{\circ}34,75' \approx -1^{\circ}34,8'$$

Значение  $M0$  для направления на ПЗ 20 следует вычислить самостоятельно. Полученные на станции ПЗ 19 два значения  $M0$  не должны различаться более чем на двойную точность отсчетного приспособления теодолита; записывают их в графе 5 табл. 3 на соответствующих строчках. Далее из этих двух значений  $M0$  выводят среднее арифметическое, округляют его до целых минут и используют для вычисления углов наклона на речные точки:

$$v = KL - M0.$$

Углы наклона на речные точки также записывают в графе 6 табл. 3.

**Вычисление горизонтальных проложений и превышений.** Значения горизонтальных расстояний между вершинами теодолитно-высотного хода переписывают в графу 7 табл. 3 из ведомости вычисления координат (табл. 2). Вычисление горизонтальных проложений  $d$  от станций до речных точек производят по значениям расстояний  $D'$  (табл. 3, графа 2), полученных по нитяному дальномеру:

$$d = D' \cos^2 v.$$

Превышения  $h$  точек относительно станции вычисляют по формуле

$$h = h' + i - l,$$

где  $i$  – высота инструмента на данной станции;  $l$  – высота наводки (табл.3, графа 9).

*Примечание.* Примеры в задании подобраны так, чтобы невязка  $f_p/P$  получалась допустимой. Если эта величина окажется больше  $1/2000$ , значит в вычислениях допущена ошибка.

Превышения на речные точки, расстояния до которых измерялись по нитяному дальномеру, вычисляются по формуле:

$$h' = \frac{D'}{2} \sin 2v.$$

Для вычисления  $d$  и  $h'$  используют микрокалькулятор или тахеометрические таблицы различных авторов. Значения горизонтальных проложений  $d$  записывают в графу 7 журнала с округлением до десятых долей метра. Если угол наклона меньше  $2^{\circ}$ , то горизонтальное проложение принимают практически равным измеренному расстоянию.

### **Пояснения к таблице 2**

$\sum \beta_r = \alpha_0 - \alpha_n + 180^{\circ}n$ , где  $\alpha_0$  и  $\alpha_n$  – дирекционные углы начальной и конечной сторон хода, а  $n$  – число вершин разомкнутого хода = 5.

Находим угловую невязку:  $f_{\beta} = \sum \beta_{\text{пр}} - \sum \beta_{\text{т}} = +0^{\circ}01,5'$ ;  $f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' \cdot \sqrt{5} = \pm 2,24'$ ; Невязка  $f_{\beta}$  не превышает допустимую величину, она меньше допустимой ( $1,5' < 2,24'$ ). Её распределяют с обратным знаком поровну на все углы хода с округлением значений поправок до десятых долей минут:

$$\delta_{\beta} = -f_{\beta} / n = -1,5' / 5 = -0,3'$$

Исправленные этими поправками углы записывают в графу 3 ведомости. Сумма исправленных углов должна равняться теоретической.

Находим абсолютную и относительную линейные невязки хода; осуществляем увязку приращений координат. Сначала вычисляем невязки  $f_x$  и  $f_y$  в приращениях координат по осям  $x$  и  $y$ :

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{пр}} - \sum \Delta x_{\text{т}}; \quad f_y = \sum \Delta y_{\text{пр}} - \sum \Delta y_{\text{т}},$$

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{пр}} - \sum \Delta x_{\text{т}} = +224,96 - 225,32 = -0,36; \quad f_y = \sum \Delta y_{\text{пр}} - \sum \Delta y_{\text{т}} = +79,71 - 80,16 = -0,45$$

где  $\sum \Delta x_{\text{т}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}$  и  $\sum \Delta y_{\text{т}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}$  – теоретические суммы приращений координат, вычисляемые как разности абсцисс и ординат конечной ПЗ 19 и начальной ПЗ 8 точек хода. Абсолютная линейная невязка  $f_P$  хода вычисляется по формуле:  $f_P =$

$$\sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(-0,36)^2 + (-0,45)^2} = 0,576.$$

Относительная линейная невязка  $f_P / P$  хода ( $P$  – сумма длин сторон хода) выражается простой дробью с единицей в числителе. Если относительная невязка окажется меньше допустимой  $1/2000$ , то невязки  $f_x$  и  $f_y$  распределяют, вводя поправки в вычисленные значения приращений координат. В наших расчетах отношение  $f_P/P$  оказалось равным  $1/1675$ , что почти равно  $1/2000$ , поэтому невязки по осям  $f_x$  и  $f_y$  распределяем с обратным знаком на все приращения пропорционально длинам сторон хода  $d_i$  по формулам:

$$\delta_{x_i} = -f_x/P \cdot d_i; \quad \delta_{y_i} = -f_y/P \cdot d_i.$$



Тахеометрический журнал

Таблица 3

Номер пикета	Расстояние по нитяному дальномеру	Отсчет по горизонт. кругу	Отсчет по вертик. кругу	Место нуля	Угол наклона	Горизонтальное проложение, $d = D' \cos^2 v$	$h' = \frac{1}{2} D' \sin 2v$	Высота наводки	Превышение $h = h' + i - l$	Отметка	Примеч.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Станция ПЗ 19, $i = 1,40$											
ПЗ 20	–	–	КП 0°32,5'								
III	–	–	КП 1°35,5'								
ПЗ 20	–	–	КЛ – 0°30,5'	...	–	–	–	3,00	–	–	
III	–	0°00'	–1°34'	+0,8'	–1°34,8'	192,98	–5,32	3,00	–6,92	–	
18	86,2	29°31'	–2°05'					1,40		...	
19	56,2	69°28'	–2°16'					1,40		...	
20	48,0	165°26'	–3°23'					1,40		...	
21	103,2	288°07'	–0°52'					3,00		...	
22	60,3	340°11'	–2°49'					1,40		...	

## Выписка из тахеометрического журнала

Номера наблюдаемых точек	Отсчеты по горизонтальному кругу	Горизонтальные проложения, м	Превышения, м	Отметка, м	Примечания
1	2	3	4	5	6
Станция ПЗ 8				126,81	
I	129,33	–	–4,17		
1	–	111,2	–2,32	126,81	
2	–	61,8	0,20	129,33	
3	129,18	66,0	–	–	
3а		13,6	–	–	
4		82,1	+0,05	129,18	
Станция I					
II	129,00	–	–0,30		
ПЗ 8	126,97	–	+4,13		
5	124,15	149,6	+4,05	129,00	
6	–	68,0	+2,02	126,97	
7	127,01	11,8	–0,80	124,15	
8	124,65	25,2	–	–	
9		147,8	+2,06	127,01	
Станция II					
III	124,42	–	+0,90		
I	–	–	+0,26		
10	–	98,3	–0,23	124,42	
11	124,62	24,6	–	–	
12	125,53	34,4	–	–	
13		62,1	–0,03	124,62	
Станция III					
ПЗ 19	124,77	–	+6,87		
II	124,90	–	–0,92		
14	–	102,8	–0,76	124,77	
15	124,93	44,1	–0,63	124,90	
16	128°00'	38,0	–	–	
17	143°19'	25,6	–0,60	124,93	

Вычисленные значения  $h'$  записывают в графу 8 с округлением до сотых долей метра. В графу 10 записывают значения превышений  $h$ . Если при визировании на точку труба наводилась на высоту, равную высоте инструмента ( $l = i$ ), то  $h = h'$  и значение превышения из графы 8 без изменения переписывают в графу 10.

Результаты измерений, выполненных на станциях ПЗ 8, I, II, и III, обработаны почти полностью, и для этих станций, вместо журнала тахеометрической съемки, в табл. 4 приведена выписка из его граф 1, 3, 7, 10, 11 и 12. Данные в графах 1–4 этой таблицы – общие для всех студентов, а отметки станций и реечных точек в графах 5, 6 каждый студент находит самостоятельно.

**Вычисление отметок станций.** Вычисление отметок станций выполняют в «Ведомости увязки превышений теодолитно-высотного хода и вычисления отметок станций» (табл. 5 Известные отметки  $H_{ПЗ 8}$  и  $H_{ПЗ 19}$ , округленные до сотых долей метра, записывают в графу 8 на первой и последней строчках ведомости. Из журнала тахеометрической съемки выписывают значения прямых  $h_{пр}$  и обратных  $h_{обр}$  превышений по сторонам хода, вычисляют средние значения  $h_{ср}$  этих превышений. Затем определяют сумму  $\sum h$

полученных превышений, вычисляют теоретическое значение суммы превышений, равное разности известных отметок конечной и начальной точек хода:  $\sum h_T = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}$ , находят невязку хода  $f_h = \sum h_{\text{ср}} - \sum h_T$  и ее допустимое значение

$$f_h^{\text{доп}} = \pm 0,20 \text{ м} \sqrt{L},$$

где  $L$  – длина хода, км.

В графе 6 ведомости в превышения введены поправки пропорционально длинам сторон хода.

Таблица 5

**Ведомость увязки превышений теодолитно-высотного хода и вычисления отметок станций**

Номер станции	Горизонтальное проложение, м	Превышения, м			Поправки в превышения, м	Исправленные превышения, м	Отметка станции, м
		Прямые $h_{\text{пр}}$	Обратные $h_{\text{обр}}$	Средние $h_{\text{ср}}$			
1	2	3	4	5	6	7	8
ПЗ 8	263,02	-4,17	+4,13	-4,15	-0,03	-4,18	129,13
I							124,95
II	239,21	-0,30	+0,26	-0,28	-0,02	-0,30	124,65
	269,80	+0,90	-0,92	+0,91	-0,03	+0,88	125,53
III	192,98	+6,87	-6,92	+6,90	-0,02	+6,88	132,41
ПЗ 19				$\Sigma +3,38$	$\Sigma -0,10$	$\Sigma +3,28$	
	$P = 965,01$						

Отметки станций вычисляют по известной отметке  $H_{\text{ПЗ 8}}$  станции ПЗ 8 и по исправленным превышениям  $h_{\text{испр}}$  и записывают в графу 8:  $H_I = H_{\text{ПЗ 8}} + h_{\text{ПЗ 8-I}}$ ;  $H_{II} = H_I + h_{I-II}$  и т.д.

Контролем правильности вычислений является получение известной отметки станции ПЗ 19, записанной ранее в графе 8.

**Вычисление отметок реечных точек.** Вычисленные отметки станций переписывают в графу 11 (табл. 3) или графу 5 (табл. 4) на одной строчке с номером той станции, к которой данная отметка относится. Отметки станций аккуратно подчеркивают.

Отметки реечных точек на каждой станции студент вычисляет самостоятельно путем алгебраического сложения отметки данной станции с соответствующим превышением. Полученные отметки записывают в графу 11 таблицы 3 или в графу 5 таблицы 4.

### Построение топографического плана

**Построение координатной сетки.** Координатную сетку в виде квадратов со сторонами по 10 см вычерчивают на листе чертежной бумаги размером не менее  $40 \times 40$  см. Если для построения сетки используется линейка Ф.В. Дробышева, то удобнее взять лист размерами не менее  $60 \times 60$  см. Необходимое количество квадратов сетки рассчитывают, исходя из полученных знаний координат вершин теодолитного хода (табл. 2, графы 10, 11).

*Пример.* Самая северная (имеющая наибольшее значение  $x$ ) и самая южная (имеющая наименьшее значение  $x$ ) точки имеют абсциссы  $x_{\text{сев}} = +230,24 \text{ м} \approx +230 \text{ м}$ ;  $x_{\text{южн}} = -355,74 \text{ м} \approx -356 \text{ м}$ .

В масштабе плана (1:2000) стороне квадрата в 10 см на местности соответствует расстояние в 200 м.

$$\frac{x_{\text{сев}} - x_{\text{южн}}}{200} = \frac{+230 - (-356)}{200} = \frac{586}{200} \approx 3.$$

Следовательно, необходимо построить три горизонтальных ряда квадратов. Аналогично определяют число вертикальных рядов квадратов по оси  $y$ .

Сетку вычерчивают остро отточенным карандашом. Построение координатной сетки необходимо тщательно проконтролировать: циркулем–измерителем сравнивают между собой диагонали квадратов. Расхождения в их длинах допускаются не более 0,2 мм; если расхождения получаются больше, сетку строят заново.

Координатную сетку оцифровывают так, чтобы теодолитный ход размещался примерно в середине листа бумаги. Так, для примера, приведенного в «Ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода» (табл. 2), была бы удобна оцифровка, показанная на рис. 5, а.

**Построение теодолитного хода по координатам его вершин.** Вершины хода наносят на план по их вычисленным координатам (табл. 2, графы 10, 11). Нанесение точек выполняют с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки.

Предположим, требуется нанести точку с координатами  $x = -14,02$  м и  $y = +627,98$  м. Сначала выясняют, в каком из квадратов сетки должна лежать эта точка: по направлению  $x$  точка должна находиться между линиями сетки с абсциссами 0 и -200, по направлению  $y$  – между линиями сетки с ординатами +600 и +800 (рис. 5, а). От линии с абсциссой 0 по вертикальным сторонам этого квадрата откладывают вниз расстояние 14,02 м (рис. 5, б) и проводят линию, параллельную линии с абсциссой 0. Вдоль этой линии от вертикальной линии сетки с ординатой +600 откладывают вправо расстояние  $627,98 \text{ м} - 600 \text{ м} = 27,98$  м.

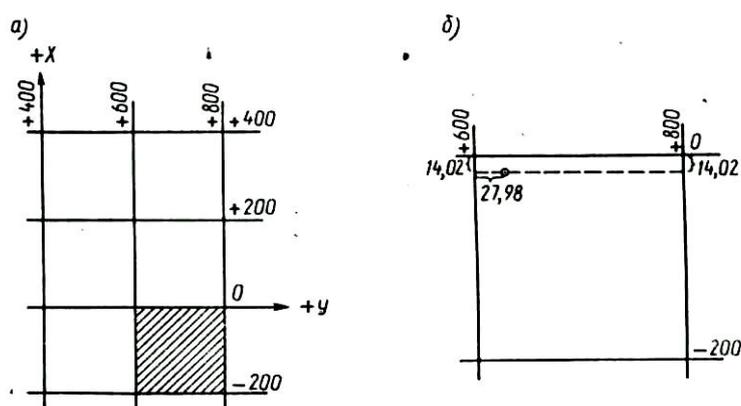


Рис. 5. Построение по координатам точек планового съемочного обоснования:  
а – оцифровка координатной сетки; б – построение точки по координатам

Полученную точку обозначают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и сразу же обводят окружностью диаметром 1,5 мм; внутрь этой окружности никакие линии проводить нельзя. Рядом записывают в виде дроби: в числителе – номер точки, а в знаменателе – взятую из табл. 5 ее отметку с точностью до сотых долей метра.

Нанесение точек хода необходимо проконтролировать. Для контроля измеряют расстояния между нанесенными вершинами: получившиеся на плане длины сторон хода должны отличаться от записанных в графе 5 ведомости вычислений координат не более чем на 0,2 мм в масштабе составляемого плана.

Последующие графические работы по составлению плана: нанесение речных точек, изображение ситуации и рельефа местности – каждый студент выполняет по одному из двух вариантов («а» или «б»).

**Нанесение на план речных точек.** Речные точки наносят на план с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и транспорта. Данные для нанесения берут из тахеометрического журнала (табл. 3 и 4).

*Вариант «а».* Студенты, фамилии которых начинаются с букв А, Б, В, ..., К, наносят речные точки 1, 3а, 4-12, так как им следует изобразить ситуацию и рельеф местности в пределах участка, ограниченного линией ПЗ 8-П, рекой и шоссе-ной дорогой.

*Вариант «б».* Студенты, фамилии которых начинаются с букв Л, М, Н, ..., Я, наносят реечные точки 1-3, 3а, 11-22, изображая ситуацию и рельеф в пределах участка, ограниченного линией ПЗ 8-II, рекой, линией 17-19, грунтовой и шоссеиной дорогами.

Приемы нанесения на план реечных точек описаны в теоретической части настоящего пособия.

Нанесенную на план реечную точку обозначают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обводят окружностью диаметром 1,0 мм. Рядом карандашом подписывают в виде дроби номер точки и ее отметку с округлением до десятых долей метра. Реечные точки 7, 10, 13-15 и 17, в которых были определены отметки уреза воды в реке, надо обвести окружностями диаметром 1,2 мм, указав отметки уреза воды с точностью до сотых долей метра. Возле остальных реечных точек, взятых на линии уреза воды, подписывают только их номера.

**Изображение ситуации на плане.** Накладку ситуации производят в масштабе 1: 2000 по абрисам съемки зданий (см. рис. 4) и абрисам тахеометрической съемки (см. рис. 6, а-г). Вначале рекомендуется нанести здание, снятое способами перпендикуляров и линейных засечек.

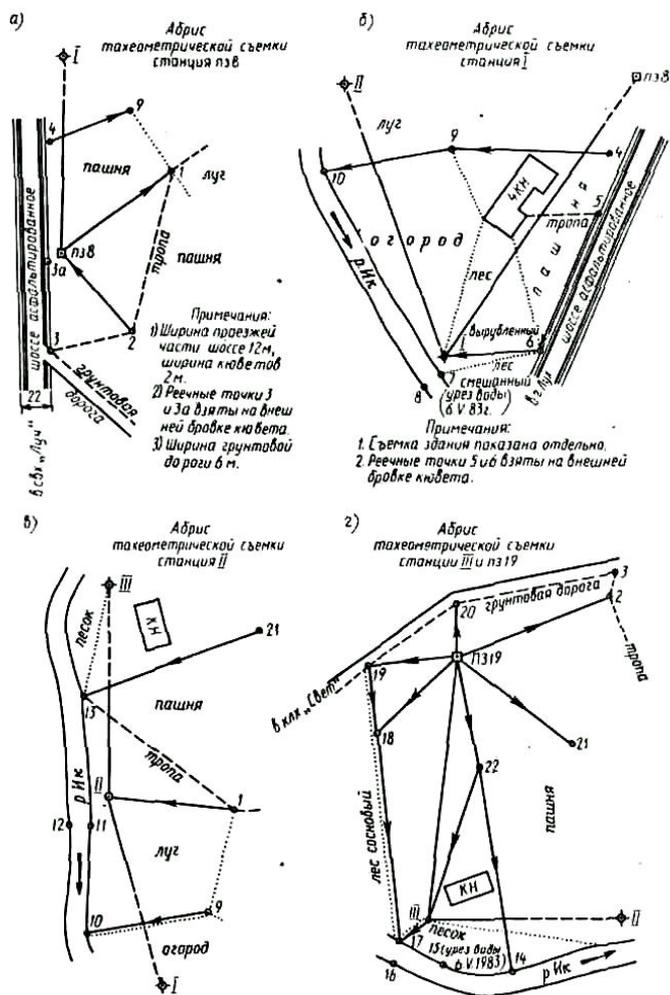


Рис. 6. Абрисы тахеометрической съемки.

*Вариант «а».* Используется абрис съемки здания (см. рис. 4, а) и абрисы тахеометрической съемки (см. рис. 6, а-в). Шоссе наносится по реечным точкам 3а, 5 и 6; ширина его (22м) в пределах участка съемки везде одинакова. Линия уреза воды в реке Ик

проводится по речным точкам 7, 10, 11 и 8, 12; ширина реки определяется взаимным положением точек 7 и 8, 11 и 12.

*Вариант «б».* Используют абрис съемки здания (рис. 4, б) и абрисы тахеометрической съемки (см. рис. 6, а, в, г). Шоссе и грунтовая дорога наносятся по речным точкам 3а, 3, 20, 19; ширина шоссе (22м) и грунтовой дороги (6м) в пределах участка съемки сохраняются постоянными. Линия уреза воды в реке Ик проводится по речным точкам 11, 13, 14, 15, 17 и 12, 16; ширина реки определяется взаимным положением точек 11 и 12, 16 и 17.

**Рисовка рельефа на плане.** По отметкам станций и речных точек на плане проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Следы горизонталей следует отыскивать графической интерполяцией; ее выполняют только между точками, которые в абрисах тахеометрической съемки (рис. 6, а-в – по варианту «а» или рис. 6, а, в, г – по варианту «б») соединены стрелками. Соединение каких-либо двух точек в абрисе стрелкой говорит о том, что местность между ними имеет один скат (без перегибов), направление по которому сверху вниз и указывает стрелка. Приступая к изображению рельефа, точки на плане, между которыми в абрисах имеются стрелки, соединяют карандашом тонкими вспомогательными линиями. Интерполяция по намеченным линиям может производиться любым из способов.

Найденные интерполяцией следы одноименных горизонталей соединяют плавными кривыми и таким образом получают горизонтали. Отметки горизонталей, кратные 5 м, подписывают в разрывах горизонталей; при этом верх цифр должен быть обращен в сторону ската местности. При некоторых горизонталях ставят бергштрихи в направлениях характерных линий рельефа; бергштрих обязательно ставят при каждой замкнутой горизонтали.

*Через контуры здания, шоссе и грунтовой дороги горизонтали не проводят.*

**Построение графика заложений.** В нижней части плана строят график заложений для уклонов. Задаваясь уклонами 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07 и высотой сечения рельефа 1 м составляемого плана, вычисляют соответствующие им заложения. Исходной формулой для вычисления является формула уклона  $i = h/d$ , где  $i$  – уклон;  $h$  – превышение (в нашем случае – высота сечения рельефа);  $d$  – заложение.

*Пример.* Для уклона  $i = 0,02$  вычисляем заложение  $d = h/i = 1,0\text{ м} / 0,02 = 50,0$  м, которое в масштабе плана составит 25,0 мм.

По одной оси графика откладывают значения уклонов: отложив впритык друг другу шесть равных отрезков произвольной величины, у концов их подписывают значения уклонов от 0,01 до 0,07 через 0,01. На концах отложенных отрезков восстанавливают перпендикуляры, по которым откладывают в масштабе 1:2000 соответствующие уклонам вычисленные значения заложения  $d$ . Через концы отложенных заложений проводят плавную кривую (по лекалу).

### **Оформление топографического плана участка.**

Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчивают тушью в соответствии с «Условными знаками для топографических карт и планов». При этом необходимо тщательно выдерживать очертания и размеры, а также порядок размещения значков, для масштаба 1:2000. Все построения и надписи выполняют тонкими линиями. Вспомогательные построения на плане тушью не обводят.

Береговые линии реки и маленькие окружности, обозначающие речные точки 7, 10, 13-15 и 17, в которых были определены отметки уреза воды, вычерчивают зеленой тушью. Зеленой тушью проводят и по две крайние линии (кюветы) с обеих сторон шоссе.

При вычерчивании элементов рельефа горизонтали проводят коричневой тушью (жженой сиеной). Обычная толщина горизонталей должна быть 0,1 мм, а горизонталей с отметками, кратными 10 м, утолщают в 2,5 раза. Отметки горизонталей, кратные 5 м, подписывают в разрывах горизонталей; это делается также коричневой тушью (в отличие от отметок речных точек и станций, выписываемых черной тушью). Коричневой тушью

ставят и точки в условном знаке песка. Все остальные линии, условные знаки и надписи выполняют черной тушью. Номера речных точек тушью не обводят, оставляя их в карандаше.

С северной стороны участка подписывают значения  $y$ , а с восточной –  $x$  линий координатной сетки. Это делают возле пересечений координатных линий (вершин квадратов) сетки. В верхней части листа выполняют заглавную надпись, в нижней указывают численный масштаб плана, высоту сечения рельефа и размещают график заложений для уклонов.

Общее представление об оформлении составленного плана дает рис. 7 (построение выполнено по значениям координат, взятым произвольно).

#### **Задание 4. Решение задач по топографическому плану участка.**

**Задача 1.** Найти отметку точки  $A$ , взятой между двумя соседними горизонталями. Точка  $A$  намечается самим студентом между любыми двумя горизонталями. Найденную отметку подписывают на плане возле точки.

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

**Задача 3.** От ПЗ 8 к речной точке 10 (для варианта «а») или от ПЗ 19 к точке III (для варианта «б»), пользуясь графиком заложений, провести кратчайшую ломаную линию так, чтобы ни на одном из ее отрезков уклон не превышал  $i = 0,02$ .

Ответы на задачи оформляются на составленном студентом плане (см. рис. 7).

**На рецензирование представляются:** 1) решения задач на вычисление дирекционных углов линий и координат точек; 2) ведомость вычислений координат вершин теодолитного хода; 3) тахеометрический журнал; 4) ведомость увязки превышений теодолитно-высотного хода и вычисления отметок станций; 5) план участка; 6) решения задач по топографическому плану участка.

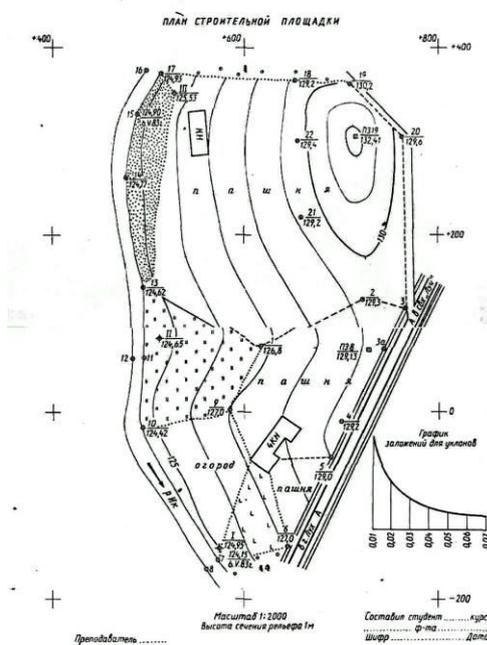


Рис. 9. Образец оформления составленного топографического плана

Рис. 7.

### **5.6 Вопросы к зачету**

1. Предмет, цели и задачи геодезии, топографии и картографии.
2. Современные представления о фигуре и размерах Земли.

3. Виды масштабов, системы координат и высот.
4. Понятие о географических и топографических картах. Виды, свойства и назначение. Классификации карт.
5. Математическая основа карт. Картографические проекции. Топографические планы.
6. Разграфка и номенклатура топографических карт. Условные знаки топографических карт и планов. Изображение рельефа.
7. Принципы организации съёмочных работ. Государственная геодезическая плановая и высотная сети.
8. Геодезические сети сгущения. Плановые и высотные съёмочные сети.
9. Угловые измерения, способы измерения углов. Теодолит. Устройство и поверки.
10. Линейные измерения.
11. Теодолитная съёмка, назначение и область применения. Полевые измерения, камеральная обработка.
12. Способы нивелирования. Нивелиры, устройство, назначение, поверки.
13. Тахеометрическая съёмка.
14. Мензуральная съёмка.
15. Глазомерная съёмка и барометрическое нивелирование.
16. Аэрофотосъёмка, основные этапы. Космосъёмка.
17. Геодезическая основа геолого-разведочных работ.
18. Топографическая основа геолого-разведочных работ.
19. Прямая геодезическая задача.
20. Обратная геодезическая задача.
21. Способы съёмки подробностей при теодолитной съёмке.
22. Перенесение точки с проекта в натуру.
23. Перенесение расстояния с проекта в натуру.
24. Перенесение в натуру проектного горизонтального угла.
25. Перенесение в натуру точек с проектными высотными отметками

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**

**21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства  
Специализация №1 Физические процессы горного производства**

(код, направление, профиль)

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

Шифр дисциплины по РУП		Б1.Б.32	
Дисциплина	Геодезия		
Курс	3	семестр	6
Кафедра	горного дела, наук о Земле и природообустройстве		
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Лыткин Виталий Андреевич, к.г.-м.н., доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства т	
Общ. трудоемкость, час/ЗЕТ	108/3	Кол-во семестров	1
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	32/32	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	16/16
ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	-/-	СРС <sub>общ./тек. сем.</sub>	60/60

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- готовность использовать научные законы и методы при геолого-промышленной оценке месторождений полезных ископаемых и горных отводов (ОПК-5);
- способность определять пространственно-геометрическое положение объектов, способность обрабатывать и интерпретировать результаты выполненных геодезических и маркшейдерских измерений (ПК-8).

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i>Вводный блок</i>				
Не предусмотрен				
<i>Основной блок</i>				
ОПК-5, ПК-8	Практическая работа. Устный опрос на понимание терминов	1	3	В течение семестра
ОПК-5, ПК-8	Практическая работа. Решение задач	3	15	В течение семестра
ОПК-5, ПК-8	Практическая работа. Доклад с презентацией	1	5	В течение семестра
ОПК-5, ПК-8	Практическая работа. Реферат	1	5	В течение семестра
ОПК-5, ПК-8	Практическая работа. Контрольная работа	3	30	В течение семестра
ОПК-5, ПК-8	Практическая работа. Групповая дискуссия	2	2	В течение семестра
<b>Всего:</b>			<b>60</b>	
<b>Зачет</b>	Вопрос 1		20	По расписанию
	Вопрос 2		20	
<b>Всего:</b>			<b>40</b>	
<b>Итого:</b>			<b>100</b>	
<i>Дополнительный блок</i>				
ОПК-5, ПК-8	Подготовка опорного конспекта		5	По согласованию с преподавателем
	Подготовка глоссария		5	
<b>Всего:</b>			<b>10</b>	

Шкала оценивая в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.