Приложение 2 к РПД «Геодезия
с основами космоаэросъемки»
05.03.01 Геология
Направленность (профиль) – Геофизика
Форма обучения – очная
Год набора - 2021

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Общие сведения

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Направление подготовки Направленность (профиль)	05.03.01 Геология Геофизика
3.	Дисциплина (модуль)	Геодезия с основами космоаэросъемки
4.	Количество этапов формирования компетенций (разделы, темы дисциплины)	6

2. Перечень компетенций

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**
ПК-5. Способен к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.

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

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	**Уметь:**	**Владеть:**	
1. Введение.	**ПК-5.** Способен к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.	цели и задачи дисциплины, краткую историю развития науки. Связь науки с другими смежными дисциплинами. Социальную значимость своей будущей профессии.	использовать в своей профессиональной деятельности базовые знания математики и естественных наук; решать стандартные задачи с применением информационно-коммуникационных технологий.	представлениями о современной научной картине мира на основе знаний основных положений философии, базовых законов и методов естественных наук.	**Лабораторная работа. Устный опрос на понимание терминов.**
2. Геодезические работы на местности.	**ПК-5.** Способен к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.	способы инструментального измерения линий, горизонтальных и вертикальных углов, превышений; основные требования к составлению картографического материала, углы ориентирования, используемые в геодезии.	самостоятельно измерять горизонтальные и вертикальные углы, магнитные азимуты, длины и превышения.	способностью работать на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании.	**Лабораторная работа. Реферат. Решение задач на лабораторных занятиях. Групповая дискуссия**
3. Применяемые системы координат в геодезии.	**ПК-5.** Способен к работе на современных	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее	системы координат, используемые в геодезии.	применять на практике базовые профессиональные знания и навыки	способностью использовать в научно-исследовательско	**Лабораторная работа. Контрольная работа № 1.**

	полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.	-способы математической обработки результатов измерений.	полевых геодезических и геолого-геофизических работ при решении текущих задач.	й деятельности навыки полевых и лабораторных геолого-геофизических исследований.	**Решение задач на лабораторных занятиях**
4. Картографические изображения местности.	**ПК-5.** Способен к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.	основные способы съемки объектов на местности; виды основных геодезических работ; геодезические опорные сети: государственную плановую, нивелирную и гравиметрическую сеть России.	правильно обращаться с геодезическими приборами и принадлежностями; измерять дальномерные расстояния; производить вынос проекта в натуру.	навыками составления необходимых планов и карт различного масштаба; опытом построения профилей местности; приемами математической обработки результатов геодезических измерений.	**Лабораторная работа.** **Контрольная работа № 2.** **Решение задач на лабораторных занятиях.**
5. Фотографирование местности в топографо-геодезических целях.	**ПК-5.** Способен к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и	технические средства аэрофотосъемки для целей картографирования; о цифровых снимках и об особенностях космофотоснимков.	определять местоположение пунктов с помощью спутниковых приемоиндикаторов.	навыками использования современных электронных геодезических приборов, составлении отчетов, рефератов по тематике научных исследований.	**Лабораторная работа.** **Доклад с презентацией.** **Групповая дискуссия**

		геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.				
6. Топографические карты.	**ПК-5.** Способен к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.	основу топографических карт Росси, масштабный ряд, разграфку и номенклатуру карт.	читать, обновлять и создавать топографические планы, карты традиционными и спутниковыми методами.	необходимыми знаниями для усовершенствования топографических карт.	**Лабораторная работа. Контрольная работа № 3. Групповая дискуссия**

4. Критерии и шкалы оценивания

4.1 За устный опрос на понимание терминов выставляются баллы

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов за ответы	**0**	**1**	**2**

4.2 За подготовку доклада с презентацией выставляются баллы

Баллы	**Характеристики выступленияобучающегося**
5	– студент глубоко и всесторонне усвоил проблему; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет понятиями
3	– студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой основных понятий
1	– тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой понятий
0	– студент не усвоил значительной части проблемы; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений; – не владеет понятийным аппаратом

4.3 За решение задач на лабораторных занятиях выставляются баллы

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 За подготовку реферата выставляются баллы

Баллы	Характеристики ответа студента
5	- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет понятиями.
3	- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой основных понятий.
1	- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой понятий.
0	- студент не усвоил значительной части проблемы; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений; - не владеет понятийным аппаратом.

4.5 За выполнение контрольной работы выставляются баллы

Баллы	Содержание работы
10	- содержание работы соответствует выданному заданию; - контрольное задание выполнено уверенно, логично, последовательно и грамотно; - все расчеты сделаны без ошибок; - выполненная графика соответствует стандартным требованиям; - выводы и обобщения аргументированы; - ссылки на литературу соответствуют библиографическим требованиям.
5	- основные требования к работе выполнены, но при этом допущены некоторые недочёты; - имеются неточности в стиле изложения материала; - имеются упущения в оформлении графики.

1	- работа выполнена на 50%; - имеются существенные отступления от требований к оформлению графических материалов и текста; - допущены ошибки в расчетах; - отсутствует логическая последовательность в выводах; - отсутствуют ссылки на литературные источники.
0	- обнаруживается полное непонимание сути выполняемой работы; - имеется большое количество грубейших ошибок; - отсутствуют практические навыки и теоретические знания предмета.

4.6 За выполнение задания по составлению глоссария и опорного конспекта выставляются баллы

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

4.7 За участие в групповой дискуссии выставляются баллы

Процент правильных ответов	До 50	>50
Количество баллов за ответы	**0**	**1**

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

а – прогнозируемые координаты положения спутников на момент времени, интересующий пользователя;
б – угол между направлениями двух меридианов;
в – Глобальная Навигационная Спутниковая Система;
г – вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек;
д – специальный прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов;
е – закрепленный на штативе планшет, образующий столик для работы на съемке;
ж – 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 примеры решения задач на лабораторных занятиях

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 и α — угол положения (направления). Из рисунка 1 находим приращения координат:

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

Получаем искомые координаты точки B:

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

Задача 1. Решить прямую геодезическую задачу.

Известны: X_A = 81819,9; Y_A = 41894,8; α= 275°40′50″; S = 220,8 м.
Определить координаты ориентира B.
Решение.

Δx_{AB}=220,8·cos275°40′50″ = 220,8·0,099 = + 21,86 м.
Δy_{AB}=*220,8·sin*275°40′50″ = –220,8·0,9951 = – 219,72 м.

Искомые координаты точки **B***:*

$X_B = X_A + \Delta x_{AB}$ = 81819,9+21,86 = 818741,76 м.
$Y_B = Y_a + \Delta y_{AB}$ = ***41894,8 – 219,72 = 41675,08 м.***

Обратная геодезическая задача.

Задача 2. Решить обратную геодезическую задачу.

Даны координаты точек **A** и **B** (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 α линии AB и расстояние S_{AB}. Из рисунка видно, что

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

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

Решение.

$$tg\alpha_{AB} = \frac{\Delta y_{BA}}{\Delta x_{BA}} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{84249,7 - 87847,4}{36184,3 - 32761,3} = = -1.051;\ \alpha_{AB} = 133^0 54' 30''.$$

$$S_{AB} = \sqrt{(36184,3 - 32761.3)^2 + (84249,7 - 87847,4)^2} = 4965,92 \text{ м}.$$

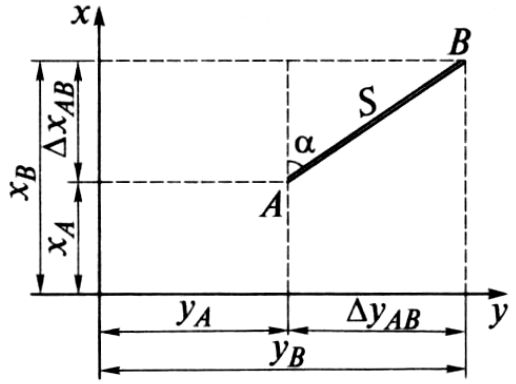

Рис. 1. Решение прямой и обратной геодезических задач.

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 лабораторные работы.

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 дальномеры.
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 Примерный 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:
Контрольная работа № 1. Тема 3. «Применяемые системы координат в геодезии».
Контрольная работа № 2. Тема 4. «Картографические изображения местности».
Контрольная работа № 3. Тема 6. «Топографические карты».

В качестве примера рассмотрим решение контрольной работы № 2, которая является наиболее сложной и ёмкой 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 α_{AB} и измеренные правые по ходу углы β_1 и β_2 (см. рис. 1).

Исходный дирекционный угол α_{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	$\alpha_{AB} = 2^\circ 44{,}2'$
Руднев	85100	$\alpha_{AB} = 0^\circ 36{,}2'$.

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*) $\beta_2 = 159^\circ 28{,}0'$.

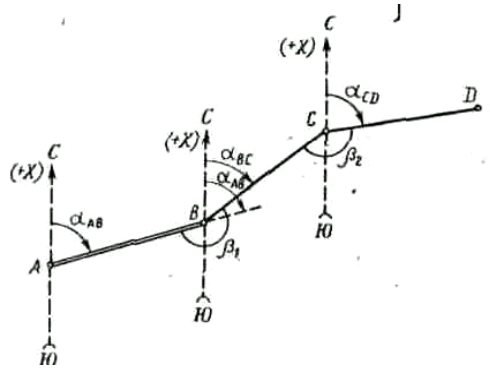

Рис. 1. К вычислению дирекционных углов сторон теодолитного хода.

Дирекционные углы вычисляют по правилу: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° 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:

α_{AB}…… $29^\circ 34{,}2'$
$+180^\circ$
$209^\circ 34{,}2'$
$- 189^\circ 59{,}2'$
α_{BC}……. $19^\circ 35{,}0'$
$+ 180^\circ$
$199^\circ 35{,}0'$
$- 159^\circ 28{,}0'$
α_{CD}……. $40^\circ 07{,}0'$

Примечание. Если при вычислении уменьшаемое окажется меньше вычитаемого, то к уменьшаемому прибавляют 360°. Если дирекционный угол получается больше 360º, то из него вычитают 360°.

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 α_{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 α_{BC} линии BC следует взять из решения предыдущей задачи.

Координаты точки C вычисляются по формулам:

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

где Δx_{BC} и Δy_{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; α_{BC} = 19º35′. Выполнив вычисления, получаем Δx_{BC} = = + 225,31 м; Δy_{BC} = + 80,15 м.

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

В задаче 1 пример подобран так, что вычисленный дирекционный угол α_{CD} последней линии должен получиться на 10º32,8′ больше, чем исходный дирекционный угол α_{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 П3-8 и П3-19 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.

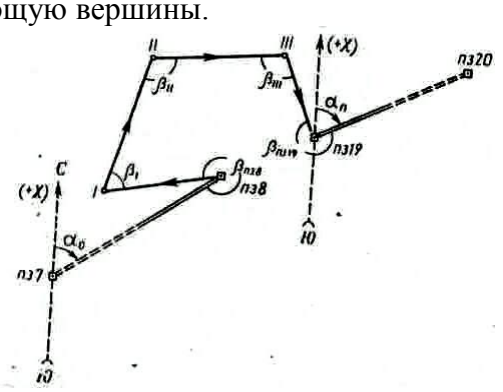

Рис. 2. Схема теодолитно-высотного хода съемочного обоснования

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	239,21
II	161	20,0	269,80
III	79	02,8	192,98
ПЗ 19	267	08,2	

Измерение углов производилось оптическим теодолитом 2Т30 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):

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

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 α_o и конечный α_n дирекционные углы:

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

α_n – дирекционный угол стороны ПЗ 19 – ПЗ 20; для всех студентов принимается равным дирекционному углу α_{CD} линии *CD*, вычисленному в задаче 1.

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

3. Отметки пунктов ПЗ 8 ПЗ 19 должны быть известны из геометрического нивелирования. При выполнении же задания значение отметки ПЗ 8 следует принять условно: количество целых метров в отметке должно быть трехзначным числом, в котором количество сотен метров равно единице, а количество десятков и единиц метров составляют две последние цифры шифра студента. В дробной части отметки (дм, см, мм) ставятся те же цифры, что и в целой части.

Пример.

Зуев	85 229	129,129 м
Иванова	85 020	120,120 м
Соколов-Осадчий	85 002	102,102 м
Руднев	85 100	100,100 м

Отметка ПЗ 19 для всех студентов принимается на 3,282 м больше отметки ПЗ 8.

4. При съемке участка были составлены абрисы зданий (см. рис. 3, а, б).

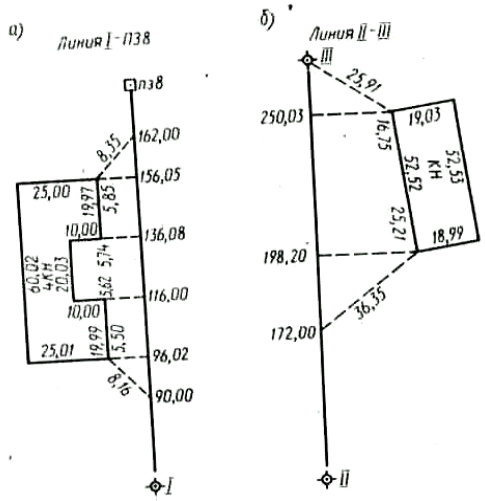

Рис. 3. Абрисы съемки зданий.

Задание 3. **Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода.**

Увязка углов хода. Значения измеренных углов записывают в графу 2 ведомости вычисления координат (см. табл. 2). В графе 4 записывают и подчеркивают исходный дирекционный угол α_o (на верхней строчке) и конечный дирекционный угол $б_n$ (на нижней строчке). Вычисляют сумму $\sum\beta_{пр}$ измеренных углов хода. Определяют теоретическую сумму углов:

$$\sum\beta_т = \alpha_o - \alpha_n + 180^\circ n,$$

где n – число вершин хода.

Находят угловую невязку:

$$f_\beta = \sum\beta_{пр} - \sum\beta_т .$$

Если невязка f_β не превышает допустимой величины

$$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n},$$

то ее распределяют с обратным знаком поровну на все углы хода с округлением значений поправок до десятых долей минут. Исправленные этими поправками углы записывают в графу 3 ведомости. Сумма исправленных углов должна равняться теоретической.

Вычисление дирекционных углов сторон хода. По исходному дирекционному углу α_o и исправленным значениям углов β хода по формуле для правых углов вычисляют дирекционные углы всех остальных сторон: *дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус правый (исправленный) угол хода, образованный этими сторонами.*

Пример.

$$\alpha_{ПЗ\ 8–I} = \alpha_o + 180^\circ - \beta_{ПЗ\ 8} = 29^\circ 34{,}2' + 180^\circ + 360^\circ - 330^\circ 58{,}9' = 238^\circ 35{,}3'.$$

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

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

Это вычисленное значение α_n должно совпасть с заданным дирекционным углом α_n.

Вычисление приращений координат. Приращения координат вычисляют по формулам:

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

так же, как в задаче 2 задания 1.

Вычисленные значения приращений Δx и Δy выписывают в графы 6 и 7 ведомости с точностью до сотых долей метра. Знаки приращений устанавливают в зависимости от знаков cos α и sin α. Складывают все вычисленные значения Δx и Δy, 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:

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

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.

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

Абсолютную линейную невязку $\boldsymbol{f_p}$ хода вычисляют по формуле

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

и записывают с точностью до сотых долей метра.

Относительная линейная невязка $\boldsymbol{f_p}/P$ 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 Δx и Δy 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 $\sum \Delta x_{\text{т}}$ и $\sum \Delta y_{\text{т}}$.

Примечание. Примеры в задании подобраны так, чтобы невязка $\boldsymbol{f_p}/P$ 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:

$$x_1 = x_{\text{ПЗ 8}} + \Delta x_{\text{ПЗ 8-I}}; \; x_{\text{II}} = x_{\text{I}} + \Delta x_{\text{I –II}} \text{ и т.д.}$$

Контролем правильности вычислений являются получение по формулам

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

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 (*М0*). Для оптического теодолита 2Т30, которым была выполнена тахеометрическая съемка

$$M0 = \frac{КЛ + КП}{2}.$$

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 ν на предыдущую и последующую точки теодолитно-высотного хода вычисляют с контролем по формуле

$$\nu = \frac{КЛ - КП}{2} = КЛ - M0 = M0 - КП$$

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

При наблюдении со станции ПЗ 19 на станцию III угол наклона

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

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

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

Значение *М0* для направления на ПЗ 20 следует вычислить самостоятельно. Полученные на станции ПЗ 19 два значения *М0* 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 *М0* выводят среднее арифметическое, округляют его до целых минут и используют для вычисления углов наклона на реечные точки:

$$\nu = КЛ - M0.$$

Углы наклона на реечные 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 реечных точек производят по значениям расстояний D' (табл. 3, графа 2), полученных по нитяному дальномеру:

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

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 $\boldsymbol{f}_P/P$ получалась допустимой. Если эта величина окажется больше 1/2000, значит в вычислениях допущена ошибка.

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

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

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°, то горизонтальное проложение принимают практически равным измеренному расстоянию.

Пояснения к таблице 2

$\sum\beta_т = \alpha_о - \alpha_п + 180^\circ n$, где $\alpha_о$ и $\alpha_п$– дирекционные углы начальной и конечной сторон хода, а *n* – число вершин разомкнутого хода = 5.

Находим угловую невязку: $f_\beta = \sum\beta_{пр} - \sum\beta_т = = +0^o01{,}5'$; $\boldsymbol{f}_{\beta\ доп} = \pm 1' \cdot \sqrt{5} = \pm 2{,}24'$; Невязка f_β 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*:

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

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

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. Абсолютная линейная невязка $f_Р$ хода вычисляется по формуле: $f_Р = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(-0{,}36)^2 + (-0{,}45)^2} = 0{,}576$.

Относительная линейная невязка $f_Р / P$ 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 $f_р/Р$ оказалось равным 1/1675, что почти равно 1/2000, поэтому невязки по осям fx и fy распределяем с обратным знаком на все приращения пропорционально длинам сторон хода di по формулам:

$$\delta_{xi} = -f_x/Р \cdot di;\ \delta_{yi} = -f_y/Р \cdot di.$$

Таблица 2

Ведомость вычисления координат

Название вершины хода	УГЛЫ измеренные °	′	исправленные °	′	Азимуты (Дирекционные углы) °	′	РУМБЫ Назв-ние	°	′	Длины линий хода *d*, *м*	ПРИРАЩЕНИЯ КООРДИНАТ вычисленные ±	Δx	±	Δy	исправленные ±	Δx	±	Δy	КООРДИНАТЫ ±	X	±	Y	Название вершины хода
1	2		3		4		5			6	7		8		9		10		11		12		13
ПЗ 7																							**ПЗ 7**
					29	34,2	СВ	29	34,2														
ПЗ 8	330	59,2	330	58,9															-	14,02	+	627,98	**ПЗ 8**
					238	35,3	ЮЗ	58	35,3	263,02	-	137,09	-	224,46	-	136,99	-	224,31					
I	50	58,5	50	58,2															-	151,01	+	403,67	**I**
					07	37,1	СВ	07	37,1	239,21	+	237,15	+	30,88	+	237,23	+	30,98					
II	161	20,0	161	19,7															+	86,22	+	434,65	**II**
					26	19,7	СВ	26	19,7	269,80	+	241,79	+	119,68	+	241,87	+	119,78					
III	79	02,8	79	02,5															+	328,09	+	554,43	**III**
					127	14,9	ЮВ	52	45,1	192,98	-	116,89	+	153,61	-	116,79	+	153,71					
ПЗ 19	267	08.2	267	07,9															+	211,30	+	708,14	**ПЗ 19**
					40	07	СВ	40	07														
ПЗ 20																							**ПЗ 20**
										P=	965,01	-	253,98	-	224,46	-	253,78	-	224,31					
												+	478,94	+	304,17	+	479,10	+	304,47					
$\sum\beta_{изм}$	889	28,7		27,2								+	224,96	+	79, 71								
$\sum\beta_{т}$	889	27,2	889												$\sum\Delta x_{пр}$	+	225, 32			$\sum\Delta x_{т}=X_{ПЗ19}-X_{ПЗ\ 8}=+225,32$			
																	$\sum\Delta y_{пр}$	+	80,16	$\sum\Delta y_{т}=Y_{ПЗ19}-Y_{ПЗ\ 8}=+80,16$			

Тахеометрический журнал

Таблица 3

Номер пикета	Расстояние по нитяному дальномеру	Отсчет по горизонт. кругу	Отсчет по вертик. кругу	Место нуля	Угол наклона	Горизонтальное проложение, $d = D'\cos^2\nu$	$h' = \frac{1}{2} D' \sin 2\nu$	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 0º32,5′								
III	–	–	КП 1º35,5′								
ПЗ 20	–	–	КЛ – 0º30,5′	…	–	–	–	3,00	–	–	
III	–	0º00′	–1º34′	+0,8′	–1º34,8′	192,98	–5,32	3,00	–6,92	–	
18	86,2	29º31′	–2º05′					1,40		…	
19	56,2	69º28′	–2º16′					1,40		…	
20	48,0	165º26′	–3º23′					1,40		…	
21	103,2	288º07′	–0º52′					3,00		…	
22	60,3	340º11′	–2º49′					1,40		…	

Таблица 4

Выписка из тахеометрического журнала

Номера наблюдаемых точек	Отсчеты по горизонтальному кругу	Горизонтальные проложения, м	Превышения, м	Отметки, 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	128º00′	38,0	–	–	
17	143º19′	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: $\sum h_т = H_{кон} - H_{нач}$, находят невязку хода $f_h = \sum h_{ср} - \sum h_т$ и ее допустимое значение

$$f_h^{доп} = \pm 0{,}20 м\sqrt{L},$$

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 $h_{пр}$	Обратные $h_{обр}$	Средние $h_{ср}$			
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
	239,21	–0,30	+0,26	–0,28	–0,02	–0,30	
II							124,65
	269,80	+0,90	–0,92	+0,91	–0,03	+0,88	
III							125,53
	192,98	+6,87	–6,92	+6,90	–0,02	+6,88	
ПЗ 19							132,41
	P = 965,01			Σ +3,38	Σ –0,10	Σ +3,28	

Отметки станций вычисляют по известной отметке $H_{ПЗ\ 8}$ станции ПЗ 8 и по исправленным превышениям $h_{испр}$ и записывают в графу 8: $H_I = H_{ПЗ\ 8} + h_{ПЗ\ 8\text{-}1}$; $H_{II} = H_I + h_{I\text{-}II}$ 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 × 40 см. Если для построения сетки используется линейка Ф.В. Дробышева, то удобнее взять лист размерами не менее 60 × 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 $x_{сев}$ =+230,24 м≈+230 м; $x_{южн}$=–355,74 м ≈– 356 м.

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

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

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 абциссами 0 и -200, по направлению *y* – между линиями сетки с ординатами + 600 и +800 (рис. 5, а). От линии с абциссой 0 по вертикальным сторонам этого квадрата откладывают вниз расстояние 14,02 м (рис. 5, б) и проводят линию, параллельную линии с абциссой 0. Вдоль этой линии от вертикальной линии сетки с ординатой +600 откладывают вправо расстояние 627, 98 м – 600 м = 27, 98 м.

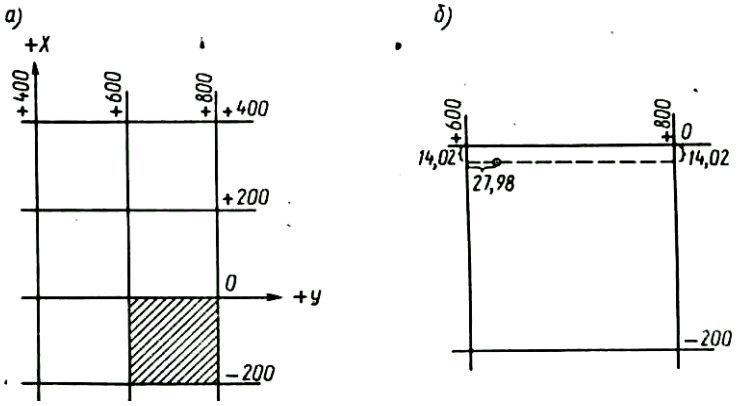

Рис. 5. Построение по координатам точек планового съемочного обоснования:
а – оцифровка координатной сетки; б – построение точки по координатам

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 реечных точек, изображение ситуации и рельефа местности – каждый студент выполняет по одному из двух вариантов («а» или «б»).

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

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

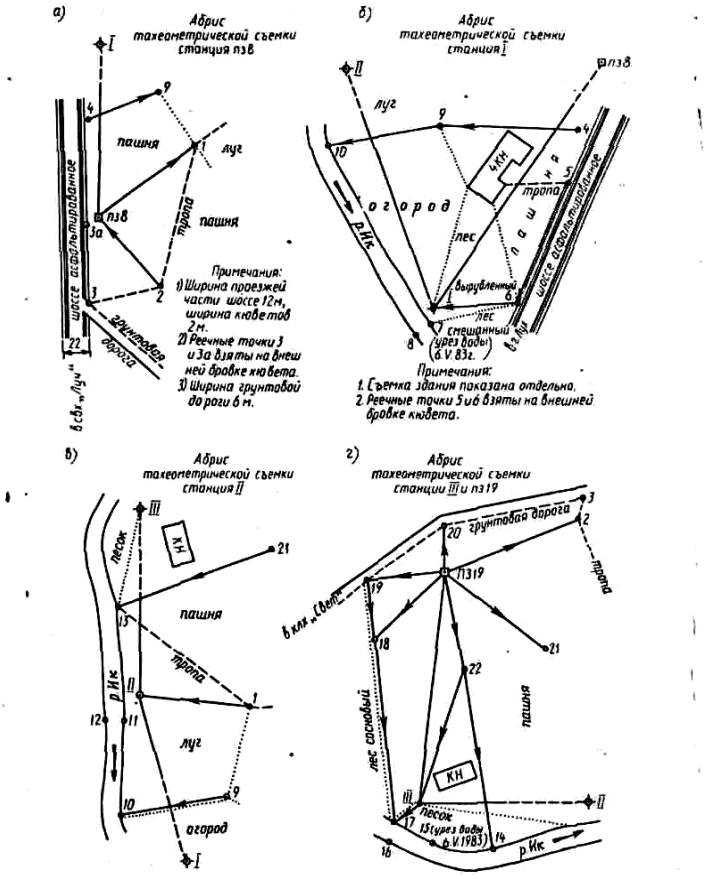

Рис. 6. Абрисы тахеометрической съемки.

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 реечным 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 реечным 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 реечным 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 реечных 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 $d = h/i$ = 1,0м / 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 реечные 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 горизонтали должна быть 0,1 мм, а горизонтали 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 реечных 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 реечных 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 реечной 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 оформляется 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.

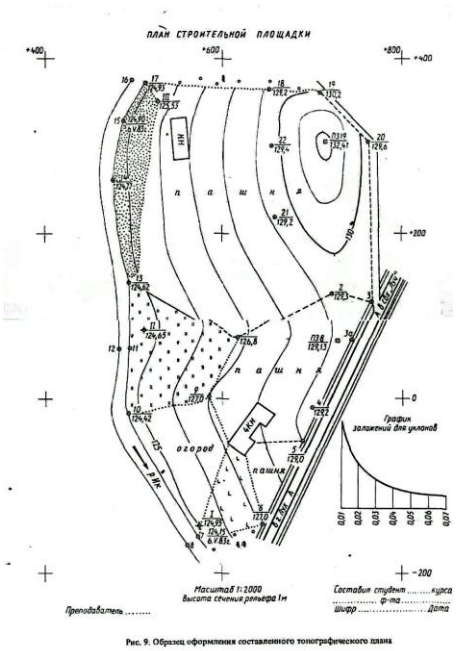

Рис. 9. Образец оформления составленного топографического плана

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. Мензульная 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

05.03.01 Геология

профиль Геофизика

(код, направление, профиль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП			**Б1.В.08**				
Дисциплина		**Геодезия с основами космоаэросъемки**					
Курс	**2**	семестр	**3**				
Кафедра	**горного дела, наук о Земле и природообустройства**						
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		**72/2**	Кол-во семестров	**1**	Форма контроля		**Зачет**
$ЛК_{общ./тек.\ сем.}$	**16/16**	$ПР/СМ_{общ./тек.\ сем.}$	**-**	$ЛБ_{общ./тек.\ сем.}$	**32/32**	$СРС_{общ./тек.\ сем.}$	**24/24**

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**
ПК-5. Способен к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании	**ПК-5.1.** Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геодезическую и геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. **ПК-5.2.** Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геодезической и геологической информации. **ПК-5.3.** Самостоятельно получает геодезическую, геофизическую и геологическую информацию, используя навыки полевых и лабораторных геодезических исследований в научно-исследовательской деятельности.

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

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.