

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Пермский нефтяной колледж»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
 П.В. Корнейчук
17 июня 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ
ПМ.01 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СОЗДАНИЮ
И ОБРАБОТКЕ ОПОРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, НИВЕЛИРНЫХ СЕТЕЙ
И СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

для реализации Программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности

21.02.20 Прикладная геодезия
(технологический профиль профессионального образования)

Рабочая программа профессионального модуля ПМ.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения разработана на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 21.02.20 Прикладная геодезия (утвержден Приказом Минпросвещения России от 26.07.2022 № 617, зарегистрирован в Минюсте России 31.08.2022 № 69867).

- Приказа Минобрнауки России № 885, Минпросвещения России № 390 от 05 августа 2020 г. «О практической подготовке обучающихся» (с изменениями и дополнениями).

- Учебного плана ППССЗ по специальности 21.02.20 Прикладная геодезия, утвержденного директором колледжа от 11 июня 2025 г.

- Положения о порядке разработки и утверждения в ГБПОУ «Пермский нефтяной колледж» образовательных программ среднего профессионального образования – программ подготовки специалистов среднего звена и их актуализации (обновления) от 16.11.2018.

Одобрено на заседании
Предметно-цикловой комиссии,
выпускающей студентов на государственную
итоговую аттестацию
Протокол № 09 от 16 июня 2025 г.

Рекомендована к утверждению
Методическим советом ГБПОУ «ПНК»
Заключение Методического совета Протокол № 10 от 16 июня 2025 г.

Разработчик:

ГБПОУ «ПНК»

Аксарина Анастасия Львовна, преподаватель высшей квалификационной категории

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	4
2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	11
3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	17
4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	19
5. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ В ДРУГИХ ППСЗ	22
ПРИЛОЖЕНИЕ А Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Методические указания по выполнению внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся	135
ПРИЛОЖЕНИЕ В Контрольно-оценочные средства промежуточной аттестации	145
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Контрольно-оценочные средства для проведения экзамена по модулю	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Методические указания по выполнению курсовой работы/проекта	174

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

ПМ.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения

1.1 Область применения рабочей программы

Рабочая программа профессионального модуля является частью программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности СПО в соответствии с ФГОС СПО 21.02.20 Прикладная геодезия и, утверждённым приказом Министерства просвещения Российской Федерации 26 июля 2022 № 617, зарегистрированным в Министерстве юстиции Российской Федерации 31 августа 2022 года, регистрационный № 69867.

1.2 Цель и планируемые результаты освоения профессионального модуля

В результате изучения профессионального модуля студент должен освоить основной вид деятельности *Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения* и соответствующие ему профессиональные и общие компетенции:

Спецификация ПК/разделов профессионального модуля

Формируемые компетенции	Название раздела		
	Действия (дескрипторы)	Умения	Знания
ПК 1.1. Проектировать геодезические сети.	<ul style="list-style-type: none"> – разработки рабочего проекта развития опорных геодезических сетей и составления программы наблюдений на точках опорных геодезических сетей; 	<ul style="list-style-type: none"> – составление программ угловых наблюдений и линейных измерений на точке (геодезическом пункте) при развитии плановых геодезических сетей, определении высот пунктов методом нивелирования, спутниковых определений; – осуществлять первичную математическую обработку результатов полевых измерений; – выполнять контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. 	<ul style="list-style-type: none"> – требования к созданию геодезических сетей; – устройство и принципы работы геодезических приборов и систем; – нормативные правовые акты, регламентирующие выполнение полевых работ по обследованию пунктов геодезических сетей; – параметры перехода между системами координат; – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения; – основы анализа и приемы устранения причин возникновения брака и грубых ошибок измерений
ПК 1.2. Проводить исследования, поверки и юстировку геодезических приборов и систем.	<ul style="list-style-type: none"> – поверки и юстировки геодезических приборов – локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических приборов; 	<ul style="list-style-type: none"> – исследовать, поверять и юстировать геодезические приборы; – использовать методы спутниковой навигации и электронных измерений элементов геодезических сетей; – выполнять полевые геодезические измерения в геодезических сетях; – осуществлять процедуру локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических приборов; 	<ul style="list-style-type: none"> – устройство и принципы работы геодезических приборов и систем; – особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем;
ПК 1.3. Выполнять работы по полевому обследованию пунктов геодезических сетей.	<ul style="list-style-type: none"> – поверки и юстировки геодезических приборов – полевого обследования пунктов геодезических сетей; – полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей 	<ul style="list-style-type: none"> – исследовать, поверять и юстировать геодезические приборы; – обследовать пункты геодезических сетей; – использовать методы спутниковой навигации и электронных измерений элементов геодезических сетей; 	<ul style="list-style-type: none"> – устройство и принципы работы геодезических приборов и систем; – нормативные правовые акты, регламентирующие выполнение полевых работ по обследованию пунктов геодезических сетей; – основы современных технологий определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации;

	<ul style="list-style-type: none"> – локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических п 		<ul style="list-style-type: none"> – методы электронных измерений элементов геодезических сетей; – методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений; – параметры перехода между системами координат; – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения;
<p>ПК 1.4. Использовать современные технологии определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации, а также методы электронных измерений элементов геодезических сетей.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – поверки и юстировки геодезических приборов – полевого обследования пунктов геодезических сетей; – определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации; – полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей – локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических приборов; 	<ul style="list-style-type: none"> – обследовать пункты геодезических сетей; – использовать методы спутниковой навигации и электронных измерений элементов геодезических сетей; – осуществлять процедуру локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических приборов; 	<ul style="list-style-type: none"> – устройство и принципы работы геодезических приборов и систем; – особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем; – нормативные правовые акты, регламентирующие выполнение полевых работ по обследованию пунктов геодезических сетей; – основы современных технологий определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации; – методы электронных измерений элементов геодезических сетей; – методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений; – параметры перехода между системами координат; – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения;
<p>ПК 1.5. Создавать опорные геодезические сети с помощью оптических, электронных и спутниковых геодезических приборов.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – поверки и юстировки геодезических приборов – полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей 	<ul style="list-style-type: none"> – составление программ угловых наблюдений и линейных измерений на точке (геодезическом пункте) при развитии плановых геодезических сетей, определении высот пунктов методом нивелирования, спутниковых определений; – исследовать, поверять и юстировать геодезические приборы; 	<ul style="list-style-type: none"> – особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем; – методы электронных измерений элементов геодезических сетей; – методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений; – параметры перехода между системами координат; – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и

		<ul style="list-style-type: none"> – использовать методы спутниковой навигации и электронных измерений элементов геодезических сетей; – выполнять полевые геодезические измерения в геодезических сетях; – осуществлять процедуру локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических приборов; – выполнять полевые геодезические измерения при развитии геодезических сетей специального назначения; 	<p>реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения;</p> <ul style="list-style-type: none"> – основы анализа и приемы устранения причин возникновения брака и грубых ошибок измерений;
<p>ПК 1.6. Проводить специальные геодезические измерения при эксплуатации поверхности и недр Земли.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – поверки и юстировки геодезических приборов – • определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации; – полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей – создания геодезических сетей специального назначения при эксплуатации поверхности и недр Земли 	<ul style="list-style-type: none"> – исследовать, поверять и юстировать геодезические приборы; – геодезические измерения при развитии геодезических сетей специального назначения; 	<ul style="list-style-type: none"> – особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем; – методы электронных измерений элементов геодезических сетей; – методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений; – параметры перехода между системами координат; – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения; – основы анализа и приемы устранения причин возникновения брака и грубых ошибок измерений;
<p>ПК 1.7. Выполнять первичную математическую обработку результатов полевых геодезических измерений с использованием современных компьютерных программ, анализировать и устранять причины возникновения брака и грубых ошибок измерений.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических приборов; – предварительной обработки и оценки точности результатов полевых измерений; – обработки геодезических опорных сетей с помощью компьютерных технологий 	<ul style="list-style-type: none"> – осуществлять первичную математическую обработку результатов полевых измерений; 	<ul style="list-style-type: none"> – алгоритмы математической обработки результатов полевых геодезических измерений с использованием современных компьютерных программ; – основы анализа и приемы устранения причин возникновения брака и грубых ошибок измерений;

ПК 1.8. Осуществлять самостоятельный контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	<ul style="list-style-type: none"> – предварительной обработки и оценки точности результатов полевых измерений; – обработки геодезических опорных сетей с помощью компьютерных технологий – контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ. 	<ul style="list-style-type: none"> – выполнять контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. 	<ul style="list-style-type: none"> – основы анализа и приемы устранения причин возникновения брака и грубых ошибок измерений; – приемы контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ.
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам	<ul style="list-style-type: none"> – разработки рабочего проекта развития опорных геодезических сетей и составления программы наблюдений на точках опорных геодезических сетей; – создания геодезических сетей специального назначения при эксплуатации поверхности и недр Земли; – 	<ul style="list-style-type: none"> – составление программ угловых наблюдений и линейных измерений на точке (геодезическом пункте) при развитии различных геодезических сетей, определении высот пунктов методом нивелирования, спутниковых определений; 	<ul style="list-style-type: none"> требования к созданию геодезических сетей; – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей..
ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> – предварительной обработки и оценки точности результатов полевых измерений; – обработки геодезических опорных сетей с помощью компьютерных технологий; 	<ul style="list-style-type: none"> – использовать методы спутниковой навигации и электронных измерений элементов геодезических сетей; – осуществлять первичную математическую обработку результатов полевых измерений; 	<ul style="list-style-type: none"> основы современных технологий определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации; – методы электронных измерений элементов геодезических сетей; – алгоритмы математической обработки результатов полевых геодезических измерений с использованием современных компьютерных программ;
ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> – контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ; 	<ul style="list-style-type: none"> – выполнять контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов; 	<ul style="list-style-type: none"> нормативные правовые акты, регламентирующие выполнение полевых работ...; – основы анализа и приема устранения причин возникновения брака и грубых ошибок измерений; – приемы контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ.
ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде	<ul style="list-style-type: none"> – полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей 	<ul style="list-style-type: none"> – выполнять полевые геодезические измерения в геодезических сетях; – выполнять полевые геодезические измерения при развитии геодезических сетей специального назначения 	<ul style="list-style-type: none"> методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста	– полевого обследования пунктов геодезических сетей;	– обследовать пункты геодезических сетей	– устройство и принципы работы геодезических приборов и систем; – особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем;
ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения	– полевого обследования пунктов геодезических сетей - контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ	– выполнять контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	нормативные правовые акты, регламентирующие выполнение полевых работ по обследованию пунктов геодезических сетей
ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях	– полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей - полевого обследования пунктов геодезических сетей	– обследовать пункты геодезических сетей - выполнять полевые геодезические измерения в геодезических сетях	техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ
ОК 08 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности	– полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей - полевого обследования пунктов геодезических сетей	- выполнять полевые геодезические измерения в геодезических сетях - выполнять полевые геодезические измерения при развитии геодезических сетей специального назначения	методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений
ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках	– - разработки рабочего проекта развития опорных геодезических сетей и составления программы наблюдений - контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ	– составление программ угловых наблюдений и линейных измерений	требования к созданию геодезических сетей - алгоритмы математической обработки результатов полевых геодезических измерений

1.3. Количество часов, отводимое на освоение профессионального модуля

Всего часов:	<u>602</u>		
из них на освоение МДК:	<u>290</u>		
на практики учебную:	<u>108</u>	и производственную:	<u>144</u>
самостоятельная работа:	<u>42</u>		
консультации:	<u>4</u>		
промежуточная аттестация в форме экзамена по модулю	<u>6</u>		

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Структура профессионального модуля ПМ.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения

Коды профессиональных компетенций	Наименования разделов профессионального модуля	Всего часов (макс. учебная нагрузка и практики)	Объем времени, отведенный на освоение междисциплинарного курса (курсов)					Практика	
			Обязательная аудиторная учебная нагрузка обучающегося			Самостоятельная работа обучающегося		Учебная, часов	Производственная (по профилю специальности), часов
			Всего, часов	в т.ч. лабораторные работы и практические занятия, часов	в т.ч., курсовая работа (проект), часов	Всего, часов	в т.ч., курсовая работа (проект), часов		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПК 1.1 – ПК 1.6 ОК 01- ОК 9	МДК 01.01 Проектирование и создание геодезических опорных, специального назначения, нивелирных, гравиметрических сетей	226	206	118	-	14	-	108	-
ПК 1.7, ПК 1.8 ОК 01- ОК 9	МДК 01.02. Математическая обработка результатов геодезических измерений	118	84	28	30	28	-		-
ПК 1.1 – ПК 1.8 ОК 01- ОК 9	Учебная практика создание геодезических сетей	108	-	-	-	-	-		-
ПК 1.1 – ПК 1.8 ОК 01- ОК 9	Производственная практика (по профилю специальности), часов (если предусмотрена итоговая (концентрированная) практика)	144							144
Промежуточная аттестация по: МДК 01.01: дифференцированный зачет, экзамен МДК.01.02: дифференцированный зачет, экзамен УП01: дифференцированный зачет ПП01 - дифференцированный зачет ПМ.01: экзамен ПО МОДУЛЮ									
ВСЕГО:		602	290	146	30	42	-	108	144

2.2. Содержание обучения по профессиональному модулю ПМ.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов
1	2	3
Раздел 1. Проектирование и создание геодезических опорных, специального назначения, нивелирных, гравиметрических сетей		
МДК 01.01 Проектирование и создание геодезических опорных, специального назначения, нивелирных, гравиметрических сетей		
Введение	Содержание учебного материала:	
	1. Предмет и задачи высшей геодезии, ее связь с другими дисциплинами	2
Тема 1.1. Системы координат	Содержание учебного материала:	
	Отсчетные поверхности: фигуры Земли	2
	Понятие о геоиде, квазигеоиде, земном эллипсоиде	2
	Пространственные системы координат: классификация	2
	Система геодезических пространственных координат	2
	Система пространственных прямоугольных координат	2
	Система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера	2
	Преобразование координат из одной системы координат в другую	2
	Геодезические поверхности: общие понятия, виды	2
	Геодезические поверхности: практика применения проекции Гаусса-Крюгера	2
	Выбор проекции, современные требования к геодезическим проекциям	2
	Редуцирование измерений	2
	Главные геодезические задачи на поверхности эллипсоида	2
	Практические, лабораторные занятия:	
ПР 1 Преобразование геодезических координат при переходе к новому эллипсоиду	10	
ПР 2 Решение основных геодезических задач на эллипсоиде	10	
ПР 3 Перевычисление координат пунктов при переходе из одной системы координат в другую	10	
Тема 1.2. Геодезические работы при выносе проекта в натуру	Содержание учебного материала:	
	Государственной геодезической сети: классификация, назначение, плотность и точность построения	2
	Государственная геодезическая сеть: методы построения плановых геодезических сетей, схемы и методы построения. Схемы и методы построения ГГС.	2
	Государственная геодезическая сеть специального назначения	2
	Последовательность выполнения работ при создании плановых ГГС, закрепление пунктов	2
	Высокоточные приборы	2
	Контрольные испытания угломерных приборов	2
Поверки и юстировка угломерных приборов	2	

	Общие сведения о производстве угловых измерений.	2
	Способы высокоточных угловых измерений	2
	Общие сведения о Государственной нивелирной сети (II, III и IV классы)	2
	Высокоточные приборы для Государственной нивелирной сети (II, III и IV классы).	2
	Поверки приборов для Государственной нивелирной сети. Юстировка приборов для Государственной нивелирной сети	2
	Закрепление геометрического нивелирования на местности	2
	Инварные рейки	2
	Связующие и промежуточные точки в нивелирных ходах	2
	Методика высокоточного нивелирования	2
	Источники ошибок высокоточного нивелирования. Методы ослабления влияния источников ошибок высокоточного нивелирования	2
	Государственная гравиметрическая сеть	2
	Практические, лабораторные занятия:	
	ПР 4 Поверки и юстировки высокоточных оптических теодолитов	10
	ПР 5 Предварительная обработка результатов наблюдений высокоточными оптическими теодолитами (электронными тахеометрами)	10
	ПР 6 Поверки и юстировки точных и высокоточных нивелиров	10
	ПР 7 Исследования и поверки нивелирных инварных реек.	8
	ПР 8 Обработка результатов нивелирования II классов	10
	Самостоятельная работа обучающихся:	
	Подготовка рефератов	2
	Оформление практических работ	
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ЗАЧЕТ		2
Тема 1.3. Геодезические сети специального назначения	Содержание учебного материала:	
	Характеристика сетей специального назначения (ГССН)	4
	Сети сгущения. Межевые сети.	4
	Методы создания и их применение в различных условиях	4
	Закрепление на местности.	2
	Практические, лабораторные занятия:	
	ПР.9 Создание и обработка сетей специального назначения в различных условиях	10
	Самостоятельная работа обучающихся:	
	Подготовка рефератов	2
Оформление практических работ		

Тема 1.4. Основы гравиметрии	Содержание учебного материала:	
	История гравиметрии, основные понятия. Уровенные поверхности, силовые линии. Нормальное гравитационное поле.	2
	Системы координат в нормальном поле. Аномалия силы тяжести: свойства и области применения. Гравиметрические данные в задачах геодезии.	2
	Методы измерения силы тяжести Приборы для измерения силы тяжести	2
	Виды гравиметрических съемок. Геодезическое обеспечение гравиметрических съемок. Выполнение гравиметровых измерений	2
	Системы геопотенциальных высот: общие сведения. Виды геопотенциальных высот	2
	Практические, лабораторные занятия:	
	ПР 10 Вычисление аномалий силы тяжести в редукциях за свободный воздух и Буге	20
	ПР.11 Оценка точности гравиметрических карт и установление связи аномалий силы тяжести с рельефом	10
	Самостоятельная работа обучающихся:	
Подготовка рефератов Оформление практических работ	10	
ЭКЗАМЕН	Консультация	2
	Экзамен	6
Раздел 2. Математическая обработка результатов геодезических измерений		
МДК.01.02 Математическая обработка результатов геодезических измерений		
Тема 2.1. Виды измерений, погрешности измерений	Содержание учебного материала:	
	Сущность измерений, виды измерений. Классификация погрешностей измерений.	2
Тема 2.2. Теория ошибок измерений	Содержание учебного материала:	
	Свойства случайных погрешностей равнооточных измерений. Оценка точности результатов измерений. Погрешность функций непосредственно измеренных равнооточных величин	2
	Обработка результатов ряда равнооточных измерений. Двойные равнооточные измерения. Оценка точности ряда двойных равнооточных измерений.	2
	Неравнооточные измерения. Веса результатов неравнооточных измерений и их свойства. Вероятнейшие погрешности и их свойства.	2
	Формула Бесселя для неравнооточных измерений. Обработка результатов ряда неравнооточных измерений. Веса функций непосредственно измеренных величин.	2
	Практические, лабораторные занятия:	
	ПР 1. Оценка точности многократно измеренной величины по истинным погрешностям (линейные и угловые измерения). Вычисление средних, вероятных, средних квадратических, предельных, абсолютных и относительных погрешностей.	2
	ПР 2. Обработка результатов равнооточных измерений одной и той же величины по уклонениям от среднего (угловые измерения). Вычисление средних, средних квадратических, предельных, погрешностей.	2
	ПР 3. Оценка точности по разностям двойных равнооточных измерений (превышения).	2
	ПР 4. Обработка результатов неравнооточных измерений одной величины (угловые и линейные измерения).	2

Тема 2.3. Уравнивание результатов измерений	Содержание учебного материала:	
	Уравнивание геодезических систем. Строгие методы уравнивания. Метод наименьших квадратов. Приближенные (упрощенные) способы уравнивания. Оценка точности результатов уравнивания.	2
	Контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	2
	Математическая обработка результатов полевых геодезических измерений с использованием современной компьютерной программы КРЕДО ДАТ. Интерфейс программы. Начальные установки. Начальные настройки.	2
	Обработка результатов полевых геодезических измерений плановых сетей в системе КРЕДО ДАТ. Решение встроенных геодезических задач.	2
	Практические, лабораторные занятия:	
	ПР 5. Оценка точности измерений углов в полигонах полигонометрии. Оценка точности измерений в триангуляции.	2
	ПР 6. Оценка точности измерений геометрического нивелирования (по длинам полигонов; по числу штативов).	2
	ПР 7 Определение числа и видов независимых геометрических условий в различных геодезических сетях.	2
	ПР 8 Уравнивание нивелирной сети в системе КРЕДО ДАТ.	2
	ПР 9 Уравнивание одиночного полигонометрического хода в системе КРЕДО ДАТ	2
ПР 10 Уравнивание полигонометрического хода с одной узловой точкой в системе КРЕДО ДАТ	2	
Дифференцированный зачет	Дифференцированный зачет	2
Тема 2.4. Уравнивание результатов измерений	Содержание учебного материала:	
	Уравнивание геодезических систем. Строгие методы уравнивания. Метод наименьших квадратов. Приближенные (упрощенные) способы уравнивания. Оценка точности результатов уравнивания.	2
	Контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	2
	Математическая обработка результатов полевых геодезических измерений с использованием современной компьютерной программы КРЕДО ДАТ. Интерфейс программы. Начальные установки. Начальные настройки.	2
	Практические, лабораторные занятия:	
	ПР 11 Уравнивание теодолитных ходов в системе КРЕДО ДАТ	2
	ПР 12 Уравнивание линейно-угловой сети в системе КРЕДО ДАТ	2
	ПР 13 Уравнивание триангуляции в системе КРЕДО ДАТ	4
	Самостоятельная работа обучающихся:	
	СР 1 Изучение теоретических основ	4
	СР 2 Сбор и подготовка данных	6
СР 3 Проведение анализа и интерпретация результатов	6	
СР 4 Оформление курсового проекта	6	
СР 5 Подготовка к защите курсового проекта	6	
Примерная тематика курсовых работ (проектов)		
Математическая обработка результатов геодезических измерений при создании планово-высотного обоснования		30

Экзамен	Консультация	2
	Экзамен	6
Учебная практика Виды работ 1. Выполнение необходимых поверок и юстировок приборов. Производство угловых и линейных измерений в геодезических сетях. Работа с точными и высокоточными оптическими и электронными приборами. 2. Нивелирование II класса. Прокладывание нивелирного хода. Выполнение поверок. Камеральная обработка материалов нивелирования II класса. Составление схемы нивелирного хода. 3. Камеральная обработка результатов измерений в программе КРЕДО ДАТ		108
Производственная практика (по профилю специальности) Виды работ 1. Обследование пунктов геодезической сети. 2. Исследования, поверки и юстировка геодезических приборов. 3. Выполнение полевых геодезических измерений в геодезических сетях. 4. Первичная математическая обработка результатов полевых измерений.		144
Курсовая работа (проект) Тематика курсовой работы (проекта) 1. Математическая обработка геодезических данных		
Самостоятельная работа обучающихся над курсовой работой (проектом)		
		Экзамен по модулю
		ВСЕГО:
		602

3 УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

3.1 Материально-техническое обеспечение

Для реализации программы профессионального модуля должны быть предусмотрены следующие специальные помещения:

Лаборатория «Вышей и космической геодезии»

Комплект учебной мебели, классная доска, персональные компьютеры, рабочее место преподавателя с ПК, мультимедийный проектор, экран.

Геодезические приборы: теодолиты, нивелиры, электронные тахеометры, GPS-навигаторы, спутниковое оборудование.

Принадлежности к геодезическим приборам: вешки, отражатели, визирные цели, рейки инварные с полусантиметровыми делениями.

Настенные наглядные пособия и тематические плакаты.

Программное обеспечение для камеральной обработки геодезических измерений; для составления цифровых топографических планов для обработки GNSS-измерений геодезического класса; для автоматизированного проектирования и черчения; для преобразования координат из одной системы координат в другую; для обработки и трансформации растрового изображения.

Лаборатория «Геодезии и математической обработки геодезических измерений»

Комплект учебной мебели, классная доска, рабочее место преподавателя с ПК, принтер, мультимедийный проектор, экран, персональные компьютеры для обучающихся.

Геодезические приборы: теодолиты T2, 2T2, 3T5KП; нивелиры: Н-05, Н-3; тахеометры: Leica TS07 R500, спутниковое оборудование: EFT M2 GNSS, EFT M1 GNSS.

Принадлежности к геодезическим приборам: вешки, отражатели, визирные цели, рейки нивелирные телескопические, рулетки 30-метровые, лазерные рулетки Leica D510.

Программное обеспечение: для автоматизированного проектирования и черчения "nanoCAD»; для автоматизации проектно-исследовательских работ "Nanocad Геоника; комплекс для камеральной обработки геодезических измерений, составления цифровых топографических планов и планов инженерно-геодезических изысканий "CREDO".

Геодезический полигон.

Производственная практика реализуется в организациях (на предприятиях) геодезического профиля, обеспечивающих деятельность обучающихся в соответствующей профессиональной области.

3.2 Методическое обеспечение профессионального модуля

1. Методические указания по выполнению практических работ (Приложение А).
2. Методические указания по выполнению внеаудиторных самостоятельных работ (Приложение б).
3. Методические указания по выполнению курсовой работы/проекта (Приложение В).

3.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Кравченко, Ю. А. Геодезия : учебник / Ю.А. Кравченко. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 344 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013907-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2186225> – Режим доступа: по подписке.
2. Специальные способы геодезических работ: Учебное пособие / Громов А., Бондаренко А.А. - М.:ФГБУ ДПО "УМЦ ЖДТ", 2014. - 212 с.: ISBN 978-5-89035-731-1 - Режим доступа <http://www.znanium.com>.
3. Глинский С.П. Геодезия: учеб. пособие – М.: Картгеоцентр_Геоиздат,1995.- Рек. Федеральной службой геодезии и картографии в качестве учеб пособия для техникумов и колледжей
4. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 И 1:500. ГКИНП-02-033-82 (УТВ. ГУГК СССР 05.10.1979):По состоянию на 12 октября 2006 года
5. Блиновская, Я. Ю. Введение в геоинформационные системы : учебное пособие / Я.Ю. Блиновская, Д.С. Задоя. — 2-е изд. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2025. — 112 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-810-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2169371>.
6. – Режим доступа: по подписке.
7. Математическая обработка результатов геодезических измерений: Учебное пособие / Беликов А.Б., Симонян В.В., - 3-е изд., (эл.) – М.:МИСИ-МГСУ, 2017. – 430 с.: Режим доступа <http://www.znanium.com>.
8. Голубев, В. В. Теория математической обработки геодезических измерений : учебник / В. В. Голубев. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 424 с. - ISBN 978-5-9729-0558-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836123> – Режим доступа: по подписке.
9. Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд., стер. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 215 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-016460-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2126590>– Режим доступа: по подписке.

10. Глинский С.П. Геодезия: учеб. пособие – М.: Картгеоцентр_Геоиздат,1995.- Рек. Федеральной службой геодезии и картографии в качестве учеб пособия для техникумов и колледжей

Дополнительные источники:

1. Макаров, К. Н. Инженерная геодезия: учебник для среднего профессионального образования / К. Н. Макаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 243 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-89564-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471391>

2. Авакян В.В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ: учебник / Авакян В.В. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. — 616 с. — ISBN 978-5-9729-0309-2. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86567.html>

3. Дуюнов, П. К. Инженерная геодезия: учебное пособие для СПО / П. К. Дуюнов, О. Н. Поздышева. — Саратов: Профобразование, 2021. — 102 с. — ISBN 978-5-4488-1224-8. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFобразование: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106823>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Левитская, Т. И. Геодезия: учебное пособие для СПО / Т. И. Левитская; под редакцией Э. Д. Кузнецова. — 2-е изд. — Саратов: Профобразование, 2021. — 87 с. — ISBN 978-5-4488-1127-2. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/104897>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

5. Голованов, В. А. Маркшейдерские и геодезические приборы: учебное пособие для СПО / В. А. Голованов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 140 с. — ISBN 978-5-8114-7964-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169811> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Стародубцев, В. И. Практическое руководство по инженерной геодезии: учебное пособие для СПО / В. И. Стародубцев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 136 с. — ISBN 978-5-8114-9099-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/184177> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Азаров, Б. Ф. Геодезическая практика: учебное пособие для СПО / Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 300 с. — ISBN 978-5-8114-9472-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/195477> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Стародубцев, В. И. Инженерная геодезия: учебное пособие для СПО / В. И. Стародубцев, Е. Б. Михаленко, Н. Д. Беляев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-8176-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173098> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Профессиональные и общие компетенции, формируемые в рамках модуля	Оцениваемые знания и умения, действия	Методы оценки (указываются типы оценочных заданий и их краткие характеристики, например, практическое задание, в том числе ролевая игра, ситуационные задачи и др.; проект; экзамен, в том числе – тестирование, собеседование)
ПК 1.1. Проектировать геодезические сети.	<ul style="list-style-type: none"> – выполнено проектирование и закрепление на местности спутниковых и опорных геодезических сетей; – изучено закрепление на местности существующих опорных геодезических сетей 	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ПК 1.2. Проводить исследования, поверки и юстировку геодезических приборов и систем.	– - выполнены поверки и юстировки геодезических приборов и систем	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ПК 1.3. Выполнять работы по полевому обследованию пунктов геодезических сетей.	– выполнены работы по полевому обследованию пунктов геодезических сетей	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ПК 1.4. Использовать современные технологии определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации, а также методы электронных измерений элементов геодезических сетей.	<ul style="list-style-type: none"> – определено местоположение пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации; – выполнены измерения элементов геодезических сетей 	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ПК 1.5. Создавать опорные геодезические сети с помощью оптических, электронных и спутниковых геодезических приборов.	– выполнены угловые, линейные, нивелирные и спутниковые измерения на пунктах опорных геодезических сетей	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ПК 1.6. Проводить специальные геодезические измерения при эксплуатации поверхности и недр Земли	<ul style="list-style-type: none"> – выполнено проектирование межевой сети; – вычислены нормальные и динамические высоты 	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ПК 1.7. Выполнять первичную математическую обработку результатов полевых геодезических измерений с использованием	<ul style="list-style-type: none"> – умение уравнивать плановые и высотные сети съёмочного обоснования с получением допустимых точностных характеристик; – произведено поэтапное уравнивание неравноточных измерений с разделением на классы; 	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики

современных компьютерных программ, анализировать и устранять причины возникновения брака и грубых ошибок измерений.	<ul style="list-style-type: none"> – - выявлены одиночные ошибки измерений в ряде избыточных измерений; – анализировать полученные результаты; – оформлены уравненные значения в виде схем с необходимыми ведомостями и каталогами 	
ПК 1.8. Осуществлять самостоятельный контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.	<ul style="list-style-type: none"> – изучены требования нормативных документов; – выполнен контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ 	<ul style="list-style-type: none"> – Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	<ul style="list-style-type: none"> – по сформулированному заданию преподавателя обоснование выбора методов и способов решения профессиональных задач; – самостоятельное определение этапов решения задачи, составление плана действий, определение необходимых ресурсов, реализация составленного плана 	<ul style="list-style-type: none"> – Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, текущий контроль в форме: устный опрос; контрольные работы по темам, защиты практических работ
ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> – демонстрация знаний информационных источников, применяемых для решения различных задач в профессиональной деятельности, планирования процесса поиска и приемов структурирования информации, форматов оформления результатов поиска информации 	<ul style="list-style-type: none"> – Экспертное наблюдение за выполнением практических работ
ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> – демонстрация интереса к будущей профессии; – планирование траектории профессионального развития и самообразования; – организация самостоятельной работы при изучении модуля; – осознанная презентация коммерческой идеи по организации собственного дела в рамках профессиональной деятельности 	<ul style="list-style-type: none"> – Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка отчетов и презентационного материала прохождения учебной и производственной практики
ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде	<ul style="list-style-type: none"> – организация работы в бригаде с применением технологий группового и коллективного взаимодействия; – самоанализ, самооценка и коррекция результатов собственной работы 	<ul style="list-style-type: none"> – Экспертное наблюдение за организацией практических работ, распределением обязанностей в бригаде, оценка результатов совместной деятельности
ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на	<ul style="list-style-type: none"> – грамотное изложение рефератов, докладов на профессиональные темы; 	<ul style="list-style-type: none"> – Экспертное наблюдение за выполнением и защитой практических профессиональных

государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста	<ul style="list-style-type: none"> – оформление документов по установленным требованиям; – уверенные выступления на семинарах и конференциях 	работ, оценка выступлений и представленного материала на семинарах, конференциях
ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения	<ul style="list-style-type: none"> – осознает значимость своей профессиональной деятельности для различных сфер народного хозяйства; – разделяет принципы антикоррупционного поведения 	– Экспертное наблюдение за выполнением практических работ, оценка результатов прохождения практики
ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> – демонстрация знаний правил экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности; – проявление интереса к инновациям в области профессиональной деятельности, направленных на соблюдение принципов бережливого производства, ресурсосбережения и сохранения окружающей среды 	<ul style="list-style-type: none"> – Экспертное наблюдение за соблюдением норм – экологической безопасности при выполнении практических работ, прохождения учебной практики
ОК 08 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности	<ul style="list-style-type: none"> – знание и осознанное применение средств профилактики перенапряжения в профессиональной деятельности; – сдача норм ГТО 	– Наблюдение и анализ деятельности студентов в процессе беседы, анализ полученных результатов при участии студентов в спортивных мероприятиях
ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках	<ul style="list-style-type: none"> – уверенное общение на профессиональные темы с применением профессиональной терминологии; – грамотное описание выполненных практических работ, формулировка выводов по результатам выполнения практических и лабораторных работ на основе использования нормативных документов; – понимание текстов на базовые профессиональные темы на государственном и иностранном языках 	<ul style="list-style-type: none"> – Наблюдение и анализ деятельности студентов в процессе беседы; – анализ полученных знаний в процессе устного и письменного опроса

5 ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ В ДРУГИХ ППСЗ

Рабочая программа профессионального модуля *ПМ.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения* может быть использована для обучения по специальностям укрупненной группы профессий и специальностей 21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия .

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Перечень практических работ по МДК.01.01 Проектирование и создание геодезических опорных, специального назначения, нивелирных, гравиметрических сетей

№ п/п	Содержание практических работ	Количество часов
1.	Практическая работа №1 Преобразование геодезических координат при переходе к новому эллипсоиду	10
2.	Практическая работа №2 Решение основных геодезических задач на эллипсоиде	10
3.	Практическая работа №3 Перевычисление координат пунктов при переходе из одной системы координат в другую	10
4.	Практическая работа №4 Поверки и юстировки высокоточных оптических теодолитов	10
5.	Практическая работа №5 Обработка результатов наблюдений высокоточными оптическими теодолитами	10
6.	Практическая работа №6 Поверки и юстировки точных и высокоточных нивелиров	10
7.	Практическая работа №7 Исследования и поверки нивелирных инварных реек.	8
8.	Практическая работа №8 Обработка результатов нивелирования II классов	10
9.	Практическая работа №9 Создание и обработка сетей специального назначения в различных условиях	10
10.	Практическая работа №10 Вычисление аномалий силы тяжести в редукциях за свободный воздух и Буге	20
11.	Практическая работа № 11 Оценка точности гравиметрических карт и установление связи аномалий силы тяжести с рельефом	10
	Всего	118

Практическая работа № 1

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ЭЛЛИПСОИДУ

Количество часов: 10 часов.

Цели: преобразовать геодезические координаты при переходе к новому эллипсоиду.

Теоретическая часть:

Положение объекта на Земной поверхности или вблизи определяется координатами. Координаты могут быть однозначно определены только тогда, когда координатная система отсчета, к которой отнесены координаты, является полностью определенной, т.е. обладает исходными датами, определяющими положение начала, масштаб и ориентировку осей системы координат по отношению к Земле.

Исходные геодезические даты - совокупность величин, определяющих положение референц-эллипсоида, принятого для обработки геодезической сети какой-либо страны или группы стран, относительно геоида, т. е. величин, фиксирующих положение референц-эллипсоида в теле Земли.

Исходные даты могут быть геодезическими, высотными и местными. Геодезические даты обеспечивают связь координатной системы с Землей и используются для двух- или трехмерных систем отсчета. Они должны включать определение эллипсоида. Высотные даты обеспечивают связь нормальных высот в нашей стране с поверхностью квазигеоида. Кроме того, для локальных геодезических задач применяют местные даты. Связь местных дат с телом Земли может быть неопределенной.

В настоящее время существует множество координатных систем отсчета, базирующихся на одних или разных исходных датах, поэтому случаи преобразования координат широко распространены в практике геодезических работ.

Различают два типа преобразований:

1. *Перевычисление (конверсия)* - изменение координат, основанное на однозначно определенной взаимосвязи, при переходе из одной координатной системы в другую с использованием одних и тех же исходных дат (например, между геодезическими и прямоугольными координатами, или между геодезическими координатами и координатами в проекции, или перевод физических единиц: радиан в градусы или футы в метры). В этой операции значения параметров являются точными и однозначными. Перевычисление координат не изменяет значения дат, так как оно использует аналитические математические функции, которые не изменяют фундаментальной точности значений координат. Под точностью перевычисления (конверсии) понимают близость преобразованных значений координат к их точным значениям, которая зависит от числа членов функции.

2. *Трансформирование* - изменение координат при переходе от одной координатной системы отсчета к другой, основанной на других датах, обычно при этом системы координат имеют один и тот же тип (например, обе геодезические или обе прямоугольные).

Трансформирование отличается от перевычисления тем, что значения параметров трансформирования определяются эмпирически с использованием набора пунктов, общих для обеих координатных систем отсчета, поэтому они могут иметь несколько различных оценок или реализаций.

Под точностью трансформирования понимают близость значений трансформированных координат к истинным значениям в целевой координатной отсчетной системе, которая зависит от точности реализации обеих координатных систем отсчета, измерений и их погрешностей. Последнее необходимо учитывать, так как во многих случаях ошибки трансформирования могут превышать ошибки собственно определений координат. В общем случае параметры трансформирования являются приближенными, и их применимость ограничивается определенным регионом. Наиболее широко применяется трансформирование подобия, когда две координатные системы отсчета различаются только их взаимным расположением, ориентировкой в пространстве и масштабом. Трансформирование подобия является конформным. Оно может быть выполнено как в прямоугольных, так и в эллипсоидальных координатах.

Порядок выполнения работы:

Картезианская (прямоугольная пространственная) земная система отсчета привязана к телу Земли и задается началом системы координат и направлениями ее осей. Для получения геодезических координат систему дополняют параметрами эллипсоида, образуя таким образом геодезические координаты. В общем случае, референц-эллипсоиды или общие земные эллипсоиды разных систем координат имеют различные значения больших полуосей, сжатий, взаимно смещены и повернуты. Поэтому глобальные, региональные и локальные системы отсчета могут иметь различные геодезические координаты (рис. 1.1). Вследствие этого в практике геодезических и маркшейдерских работ возникают задачи перехода от одной системы координат к другой, особенно при использовании спутниковых навигационных систем.

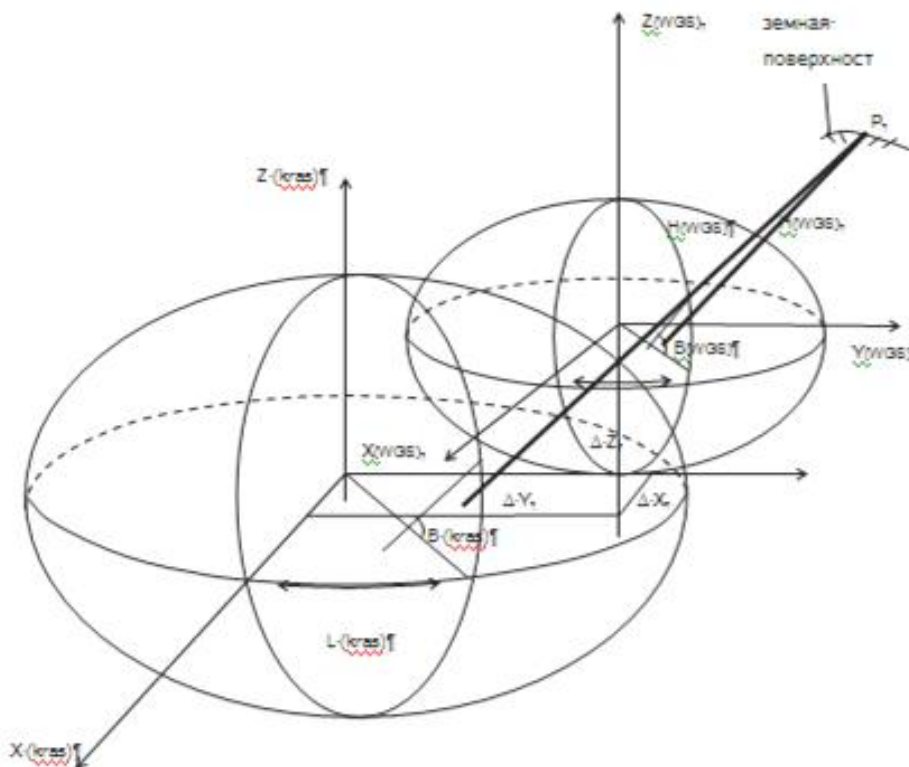


Рисунок 1.1 - Референц-эллипсоиды или общие земные эллипсоиды разных систем

Задание

1. Преобразовать геодезические координаты точки P с эллипсоида Красовского на эллипсоид WGS-84.
2. Выполнить контроль решения путем обратного преобразования полученных геодезических координат точки P от эллипсоида WGS-84 к эллипсоиду Красовского. При этом знаки величин ΔX , ΔY , ΔZ необходимо изменить на противоположные.
3. Сравнить полученные координаты.

Исходные данные

Параметры 1-го эллипсоида (эллипсоид Красовского):

большая полуось $a = 6378245$, полярное сжатие $\alpha = 1/298,3$.

Параметры 2-го эллипсоида (эллипсоид WGS-84):

большая полуось $a = 6378137$, полярное сжатие $\alpha = 1/298,257$.

Смещение центра 1-го эллипсоида относительно центра 2-го эллипсоида - ΔX , ΔY , ΔZ .

Для эллипсоида Красовского относительно эллипсоида WGS-84 можно принять (в метрах):

$$\Delta X = 28, \Delta Y = -130, \Delta Z = -95$$

(предполагается, что одноименные оси прямоугольных систем координат параллельны).

Координаты точки P на эллипсоиде Красовского:

широта $B_{\text{кра}}$, - $54^{\circ}40' 1+n''$,

долгота $L_{\text{кра}}$ - $50^{\circ}30' 1+n''$,

высота $H_{\text{кра}} = 100+5 \times n$ (м),

где n - номер варианта.

1. Вычисляем прямоугольные пространственные координаты точки P (X , Y , Z) системе эллипсоида Красовского:

$$\begin{aligned} X_{\text{kras}} &= (N + H) \cos B \cos L \\ Y_{\text{kras}} &= (N + H) \cos B \sin L \\ Z_{\text{kras}} &= (N + H - Ne^2) \sin B \end{aligned} \quad (1.1)$$

где N - радиус кривизны эллипсоида в плоскости первого вертикала.

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \quad (1.2)$$

где e^2 - квадрат эксцентриситета эллипсоида.

$$e^2 = 2\alpha - \alpha^2. \quad (1.3)$$

3. Вычисляем прямоугольные координаты точки P относительно центра эллипсоида WGS-84:

$$X_{\text{WGS-84}} = X_{\text{kras}} + \Delta X$$

$$Y_{\text{WGS-84}} = Y_{\text{kras}} + \Delta Y \quad (1.4)$$

$$Z_{\text{WGS-84}} = Z_{\text{kras}} + \Delta Z$$

4. Вычисляем геодезические координаты точки Р относительно центра эллипсоида WGS-84. Геодезическая долгота вычисляется непосредственно по формуле:

$$L = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (1.5)$$

Для вычисления геодезической широты используем метод последовательных приближений:

$$\text{tg } B^{(i)} = C_1 + C_2 \frac{\sin B^{(i-1)}}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B^{(i-1)}}} \quad (1.6)$$

где C_1 и C_2 - постоянные, не меняющиеся в процессе приближений:

$$C_1 = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}};$$

$$C_2 = \frac{ae^3}{\sqrt{X^2 + Y^2}}. \quad (1.7)$$

В первом приближении полагаем:

$$\text{tg } B^{(0)} = C_1 = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \quad (1.8)$$

После последовательных приближений, когда абсолютное значение разности $|B^{(i-1)} - B^{(i)}|$ станет меньше некоторой наперед заданной величины, т.е.

$$|\text{tg } B^{(i-1)} - \text{tg } B^{(i)}| \leq \varepsilon$$

где ε - достаточно малая величина, равная 10^{-10}

После нахождения широты методом последовательных приближений вычисляем геодезическую высоту из соотношения:

$$H = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos B^{(k)}} - N^{(k)} \quad (1.9)$$

где $B^{(k)}$ и $N^{(k)}$ - значения геодезической широты и радиуса кривизны, полученные в последнем приближении.

Примечание. Для достижения необходимой точности преобразований необходимо все вычисления выполнять с не менее чем 10 знаками после запятой.

Пример

Преобразовать геодезические координаты точки Р с эллипсоида Красовского на эллипсоид WGS-84.

Координаты точки Р (исходные данные в зависимости от номера варианта):

$$B_{\text{кра}}, - 54^\circ 40' 00'',$$

$$L_{\text{кра}} - 50^\circ 30' 00'',$$

$$H_{\text{кра}} - 100 \text{ (м)},$$

Решение

$$B_{kra} = 56,6666666667^{\circ};$$

$$L_{kra} = 54,5000000000^{\circ}.$$

Вычисляем прямоугольные пространственные координаты точки P в системе эллипсоида Красовского:

$$e^2_{kras} = 0,006693421;$$

$$N_{kras} = 6393197,877 \text{ (м)};$$

$$X_{kras} = 2040110,864 \text{ (м)};$$

$$Y_{kras} = 2860129,946 \text{ (м)};$$

$$Z_{kras} = 5305769,948 \text{ (м)}.$$

Вычисляем прямоугольные пространственные координаты точки P относительно центра эллипсоида WGS-84:

$$X_{WGS-84} = 2040138,864 \text{ (м)};$$

$$Y_{WGS-84} = 2859999,946 \text{ (м)};$$

$$Z_{WGS-84} = 5305674,948 \text{ (м)}.$$

Вычисляем геодезическую долготу точки P на эллипсоиде WGS-84:

$$\operatorname{tg}L = 1,4018653322 \text{ (рад)};$$

$$L_{WGS-84} = 54,4983970190^{\circ} = 54^{\circ}29'54,23''.$$

Вычисляем геодезическую широту точки P на эллипсоиде WGS-84:

$$e^2_{kras} = 0,0066943850;$$

$$C_1 = 1,5102609060;$$

$$C_2 = 0,0121539059;$$

$$\operatorname{tg}B^{(1)} = 1,5204183655 \text{ (рад)};$$

$$\operatorname{tg}B^{(2)} = 1,5204391395 \text{ (рад)};$$

$$\operatorname{tg}B^{(3)} = 1,5204391817 \text{ (рад)};$$

$$\operatorname{tg}B^{(4)} = 1,5204391818 \text{ (рад)};$$

$$B_{WGS-84} = 56,6668923963^{\circ} = 56^{\circ}40'00,81''$$

Вычисляем геодезическую высоту точки P на эллипсоиде WGS-84:

$$N_{WGS-84} = 6393091,861 \text{ (м)};$$

$$H_{WGS-84} = 81,304 \text{ (м)}.$$

Контроль решения выполняем путем обратного преобразования геодезических координат точки P с эллипсоида WGS-84 на эллипсоид Красовского:

$$B_{WGS-84} = 56,6668923963^{\circ};$$

$$L_{WGS-84} = 54,4983970190^{\circ};$$

$$H_{WGS-84} = 81,304 \text{ (м)}.$$

Вычисляем прямоугольные пространственные координаты точки P относительно центра эллипсоида WGS-84:

$$e^2_{\text{WGS-84}} = 0,0066943850;$$

$$N_{\text{WGS-84}} = 6393091,861 \text{ (м)};$$

$$X_{\text{WGS-84}} = 2040138,864 \text{ (м)};$$

$$Y_{\text{WGS-84}} = 2869999,946 \text{ (м)};$$

$$Z_{\text{WGS-84}} = 5305674,948 \text{ (м)}.$$

Вычисляем прямоугольные пространственные координаты точки P относительно центра эллипсоида Красовского:

$$X_{\text{kras}} = 2040110,864 \text{ (м)};$$

$$Y_{\text{kras}} = 2860129,946 \text{ (м)};$$

$$Z_{\text{kras}} = 5305769,948 \text{ (м)}.$$

Вычисляем геодезическую долготу точки P на эллипсоиде Красовского:

$$\text{tg}L = 1,4019482945 \text{ (рад)};$$

$$L_{\text{kras}} = 54,5000000000^\circ = 54^\circ 30' 00,0''.$$

Вычисляем геодезическую широту точки P на эллипсоиде Красовского:

$$e^2_{\text{kras}} = 0,0066934216;$$

$$C_1 = 1,5102494405;$$

$$C_2 = 0,0121520528;$$

$$\text{tg}B^{(1)} = 1,5204053244 \text{ (рад)};$$

$$\text{tg}B^{(2)} = 1,5204260923 \text{ (рад)};$$

$$\text{tg}B^{(3)} = 1,5204261344 \text{ (рад)};$$

$$\text{tg}B^{(4)} = 1,5204261345 \text{ (рад)};$$

$$B_{\text{WGS-84}} = 56,6666666667^\circ = 56^\circ 40' 00,00''$$

Вычисляем геодезическую высоту точки P на эллипсоиде Красовского:

$$N_{\text{kras}} = 6393197,877 \text{ (м)};$$

$$H_{\text{kras}} = 100,000 \text{ (м)}.$$

Контрольные вопросы:

1. Что такое геодезическая широта, долгота, высота
2. Параметры эллипсоида
3. радиус кривизны эллипсоида в плоскости первого вертикала
4. что такое эксцентриситет
5. что обозначают буквы и от чего они зависят
6. что такое приращение координат

Практическая работа № 2

РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ЭЛЛИПСОИДЕ

Количество часов: 10 часов.

Цели: Решить обратную геодезическую задачу на сфере с $R = 6371$ км, если известны прямоугольные сферические координаты двух точек M_1 и M_2 .

Теоретическая часть:

Положение точек определяется прямоугольной сферической системой координат. Систему составляет плоскость основного круга AmQ (рис.2.1) и плоскость главного круга PaP' . За начало координат берется главная точка системы – точка A . Положение точки M на поверхности сферы определяется сферической широтой φ_M – дугой mM по кругу сферического меридиана $PMmP'$ (круг широты) данной точки M – и сферической долготой λ_M – дугой A_m основного круга.

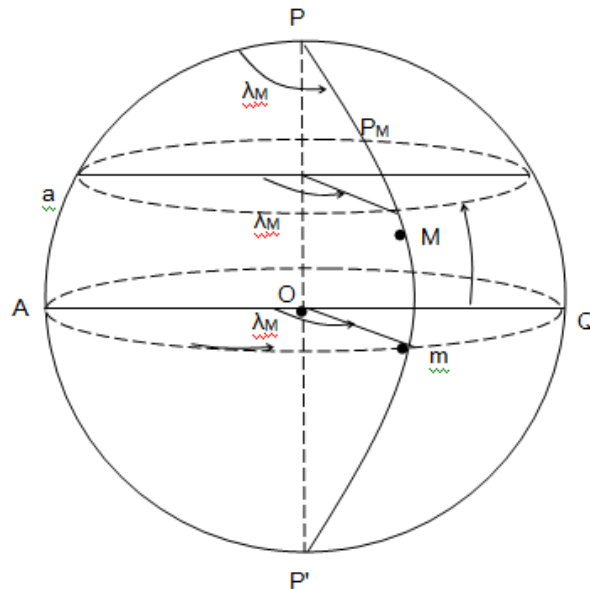


Рисунок 2.1 - Прямоугольная сферическая система координат

Сферическая широта отсчитывается от основного круга по направлению к полюсам P и P' системы и измеряется от 0 до 90° . Широта по направлению к полюсу P – положительная, а к полюсу P' – отрицательна.

Вместо широты точки M можно взять дугу $PM = P_M$, которая называется полярным расстоянием точки M

$$P_M = 90^\circ - \varphi_M.$$

Полярное расстояние отсчитывается от полюса системы P по направлению к полюсу P' и изменяется от 0 до 180° .

Сферическая долгота отсчитывается от главной точки системы А до круга меридиана точки и может быть выражена не только дугой, но и линейным углом АOm или сферическим углом АРМ.

$$\lambda_m = \sphericalangle Am = \sphericalangle AOm = \text{сф. } \sphericalangle APM$$

Долгота может отсчитываться от главной точки А, в одних случаях по ходу часовой стрелки, в других – против хода часовой стрелки и изменяется от 0 до 360°; или в обе стороны от 0 до 180°, причем в одну сторону она считается положительной, а в противоположную – отрицательной.

Зная прямоугольные сферические координаты двух точек $M_1(\varphi_1\lambda_1)$ и $M_2(\varphi_2\lambda_2)$ можно построить их на сфере и провести дугу большого круга $M_1M_2 = s$ (рис. 7), которая является кратчайшим сферическим расстоянием между точками, или геодезической линией. Обратная геодезическая задача на сфере состоит в том, чтобы по данным прямоугольным сферическим координатам точек M_1 и M_2 найти кратчайшее сферическое расстояние s , а также прямой $A_{(M_2M_1)}$ и обратный $A_{(M_1M_2)}$ азимуты дуги M_1M_2 .

Решение обратной геодезической задачи на сфере сводится к решению сферического треугольника M_1PM_2 , у которого известны:

сторона $PM_1 = P_1 = 90^\circ - \varphi_1$

сторона $PM_2 = P_2 = 90^\circ - \varphi_2$

и угол $M_1PM_2 = P = \lambda_2 - \lambda_1$

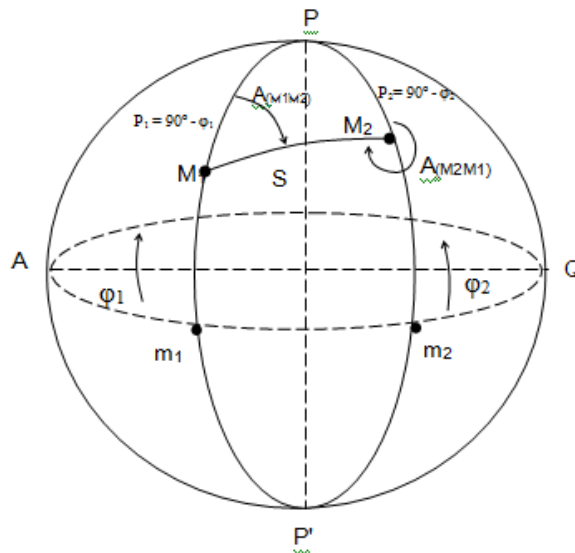


Рисунок 2.2 - Координаты точек прямоугольной сферической системы координат

Сферический треугольник M_1PM_2 может быть решен по основным формулам или по специальным формулам, а также по так называемой «астрономической системе формул».

Порядок выполнения работы:

Решить обратную геодезическую задачу на сфере с $R = 6371$ км, если известны прямоугольные сферические координаты двух точек M_1 и M_2 : сферическая долгота и широта принимаются равными геодезическим координатам их практической работы №1.

Решение по основным формулам.

Для стороны s по формуле косинуса стороны

$$\cos s = \cos p_1 \cos p_2 + \sin p_1 \sin p_2 \cos(\lambda_2 - \lambda_1) \quad (2.1)$$

или

$$\cos s = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos P$$

Для углов M_1 и M_2 по формуле котангенсов

$$\operatorname{ctg} p_2 \sin p_1 = \cos p_1 \cos(\lambda_2 - \lambda_1) + \sin(\lambda_2 - \lambda_1) \operatorname{ctg} M_1$$

$$\operatorname{ctg} p_1 \sin p_2 = \cos p_2 \cos(\lambda_2 - \lambda_1) + \sin(\lambda_2 - \lambda_1) \operatorname{ctg} M_2$$

или после преобразований

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{ctg} M_1 &= (\operatorname{tg} \varphi_2 \cos \varphi_1) / \sin P - \sin \varphi_1 \operatorname{ctg} P \\ \operatorname{ctg} M_2 &= (\operatorname{tg} \varphi_1 \cos \varphi_2) / \sin P - \sin \varphi_2 \operatorname{ctg} P \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Формулы (1) и (2) решают треугольник M_1PM_2 . Для контроля применим теорему синусов

$$\sin P_1 \sin M_1 = \sin P_2 \sin M_2$$

$$\sin P_1 \sin(\lambda_2 - \lambda_1) = \sin M_2 \sin s$$

$$\sin P_2 \sin(\lambda_2 - \lambda_1) = \sin M_1 \sin s$$

или

$$\cos \varphi_1 \sin M_1 = \sin M_2 \cos \varphi_2$$

$$\cos \varphi_1 \sin P = \sin M_2 \cos s \quad (2.3)$$

$$\cos \varphi_2 \sin P = \sin M_1 \cos s$$

Для вычисления стороны s в линейной мере l_s применим формулу (3.1)

$$l_s = (s''/\rho'') R. \quad (2.4)$$

Для вычисления азимутов $A_{(M_1M_2)}$ и $A_{(M_2M_1)}$ применим соотношения

$A_{(M_1M_2)} = \text{сф.} \sphericalangle PM_1M_2 = \sphericalangle M_1$ сферического треугольника M_1PM_2 ,

$A_{(M_2M_1)} = 360^\circ - \text{сф.} \sphericalangle PM_2M_1 = 360^\circ - \sphericalangle M_2$ сферического треугольника M_1PM_2 .

Контрольные вопросы:

1. Что такое сферическая широта и долгота
2. В чем заключается суть работы
3. Суть прямой и обратной геодезических задач на сфере
4. Что такое азимут
5. Что такое кратчайшее сферическое расстояние
6. Как выполняется контроль полученных данных

Практическая работа № 3

**ПЕРЕВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ПУНКТОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ИЗ ОДНОЙ СИСТЕМЫ
КООРДИНАТ В ДРУГУЮ**

Количество часов: 10 часов.

Цели: Определить прямоугольные координаты углов листа карты масштаба 1:100 000 в проекции Гаусса.

Теоретическая часть:

Система плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера, или просто координаты Гаусса - Крюгера, были введены в нашей стране постановлением III Геодезического совещания при Геодезическом комитете Госплана СССР в 1928 г. Необходимость введения системы плоских координат обусловлена тем, что эллипсоидальная геодезическая система, будучи наиболее общей и удобной при изучении научных проблем высшей геодезии, изображение всей Земли на картах и решении геодезических задач на значительные расстояния, становится сложной и малоприменимой в массовых геодезических работах по созданию съемочного обоснования топографических карт и различных инженерных сооружений. Координаты этой системы (широта и долгота) выражаются в угловых единицах, линейное значение которых меняется вместе с широтой места; направление меридианов, от которых отсчитываются азимуты, не параллельны; формулы, служащие для решения различных геодезических задач, сложны и громоздки.

Поэтому система эллипсоидальных геодезических координат применяется только при мелкомасштабном картографировании. При крупномасштабном картографировании и в повседневной геодезической практике применяется система геодезических прямоугольных координат, так как она позволяет проводить все вычисления по наиболее простым формулам геометрии и тригонометрии.

Разграфка и номенклатура топографических карт

Номенклатурой называют систему нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется разграфкой.

В нашей стране принята международная система разграфки и номенклатуры топографических карт, в основу которых положен лист карты масштаба 1:1 000 000.

Вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером 6° по долготе и 4° по широте; каждая трапеция изображается на одном листе карты масштаба 1:1 000 000. Листы карт, на которых изображены трапеции, расположенные между двумя соседними параллелями, образуют ряды, обозначаемые буквами латинского алфавита от А до V от экватора к северу и к югу. Листы карт, на которых изображены трапеции, расположенными между двумя соседними меридианами, образуют колонны. Колонны имеют порядковые номера от 1 до 60, начиная с меридиана 180°; колонна листов карт, на которой изображена 1-я зона проекции Гаусса, имеет порядковый номер 31 (рис. 3)

Номенклатура листа карты миллионного масштаба составляется из буквы ряда и номера колонны, например, N-36.

Листы карты масштаба 1:500 000 получают делением листа миллионного масштаба на 4 части средним меридианом и средней параллелью.

Номенклатура листа карты масштаба 1:500 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например N-36-А (рис. 3.1).

Листы карты масштаба 1:200 000 получают делением листа миллионного масштаба на 36 частей меридианами и параллелями. Номенклатура листа карты масштаба 1:200 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа римскую цифру от I до XXXVI, например, N-36-XXIV.

Листы карты масштаба 1:100 000 получают делением листа миллионного масштаба на 144 части меридианами и параллелями. Номенклатура листа карты масштаба 1:100 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа числа от 1 до 144, например N-36-144.

Номенклатура карт соответствующих масштабов определяют добавлением указанных обозначений к соответствующей номенклатуре карты масштаба 1:1000 000, в рамках которой находится искомый лист. Данные этой разграфки для листа карты N- 36 приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Разграфка для листа карты N- 36

Масштаб карты	Число листов в одном листе карты масштаба 1:1000 000	Номенклатура последнего листа	Размеры рамки	
			по широте	по долготе
1:500 000	4	N-36-Г	2°	3°
1:200 000	36	N-36-XXXVI	40'	1°
1:100 000	144	N-36-144	20'	30'

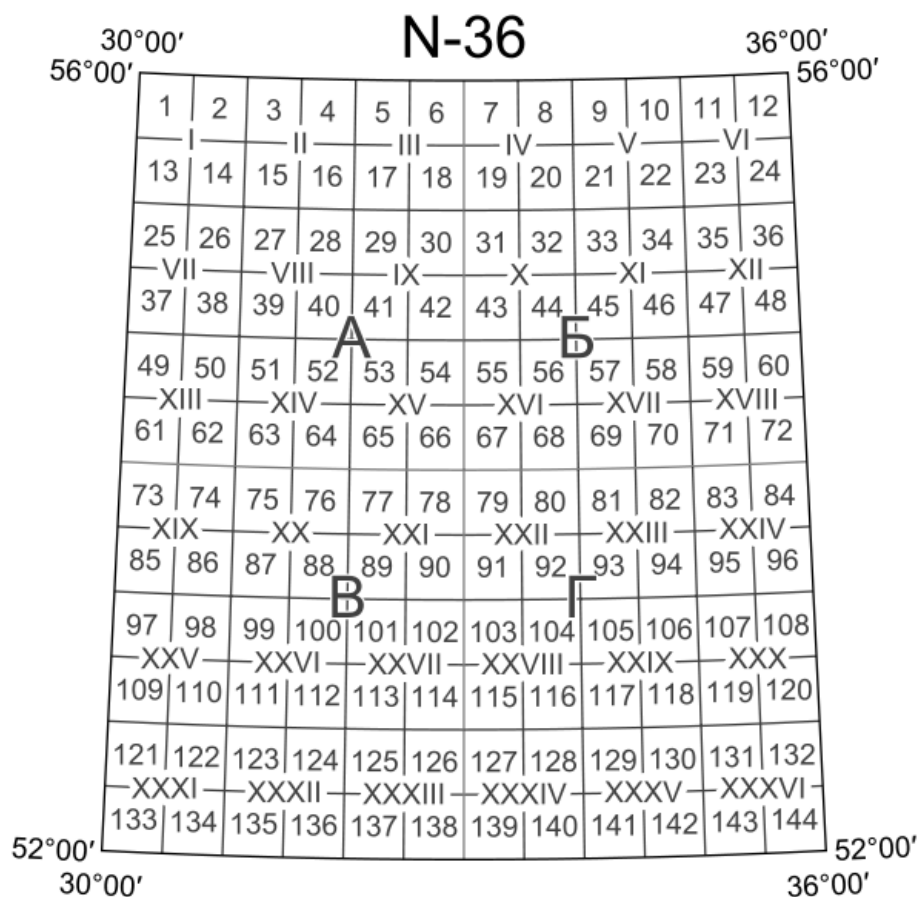


Рисунок 3.1 - Номенклатура листа карты масштаба 1:500 000

Лист карты масштаба 1:100 000 служит основой для разграфки и обозначения карт более крупных масштабов. Так листы карты масштаба 1:50 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:100 000 справа прописную букву русского алфавита (А, Б, В, Г), например N-36-144-А.

Листы карты масштаба 1:25 000 получают делением листа масштаба 1:50 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Номенклатура листа карты масштаба 1:25 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:50 000 справа строчную букву русского алфавита (а, б, в, г), например, N-36-144-А-а.

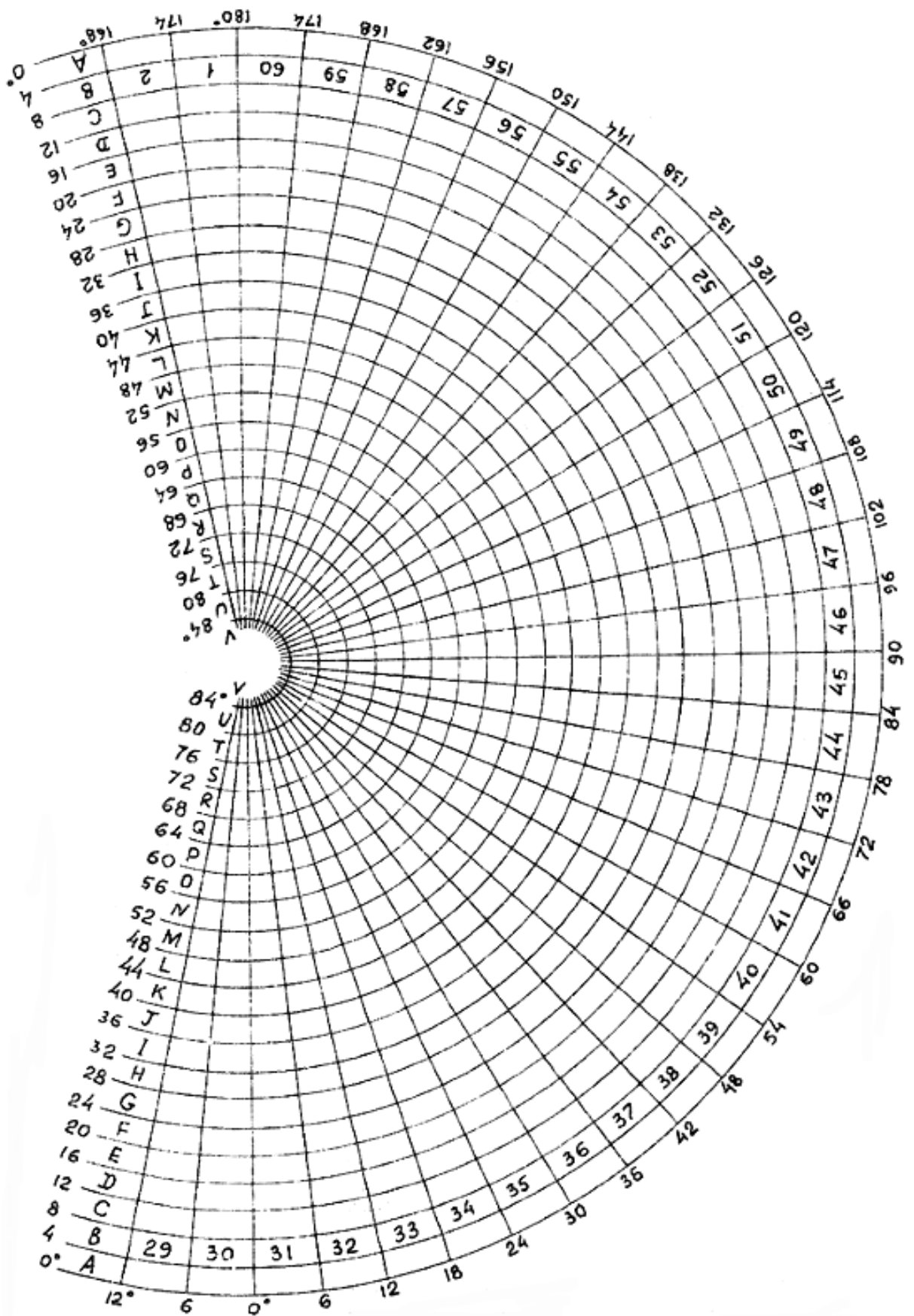


Рисунок 3.2 - Номенклатура листа карты миллионного масштаба

Листы карты масштаба 1:10 000 получают делением листа масштаба 1:25 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Номенклатура листа карты масштаба 1:10 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:25 000 справа цифру от 1 до 4, например, N-36-144-A-a-1.

Данные для разграфки карт крупных масштабов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Данные для разграфки карт крупных масштабов

Масштаб карты	Число листов в одном листе карты предыдущего масштаба	Номенклатура последнего листа	Размеры рамки	
			по широте	по долготе
1:100 000	-	N-36-144	20'	30'
1:50 000	4	N-36-144-Г	10'	15'
1:25 000	4	N-36-144-Г-г	5'	7' 30"
1:10 000	4	N-36-144-Г-г-4	2' 30"	3' 45"

Лист карты 1:100 000 служит также основой для разграфки и обозначения планов масштаба 1:5000 и 1:2000. Одному листу карты 1:100000 соответствует 256 (16x16) листов масштаба 1:5000, которые обозначают арабскими цифрами 1,2,...,256, заключаемыми в скобки, например, N-36-144-(256).

Одному листу масштаба 1:5000 соответствует 9 листов плана масштаба 1:2000, которые обозначаются строчными буквами русского алфавита (а, б, в, г, д, е, ж, з, и), заключаемыми в скобки. Так, номенклатура последнего листа масштаба 1:2000 для листа N-36-144-(256) будет N-36-144-(256-и).

Для топографических планов, создаваемых на территории города и на участки незастроенной территории площадью менее 20 км², применяется прямоугольная разграфка (рис. 3.3). За ее основу принимается лист плана масштаба 1:5000, листы плана масштаба 1:5000 нумеруются на участке съемки порядковыми номерами от 1 и далее.

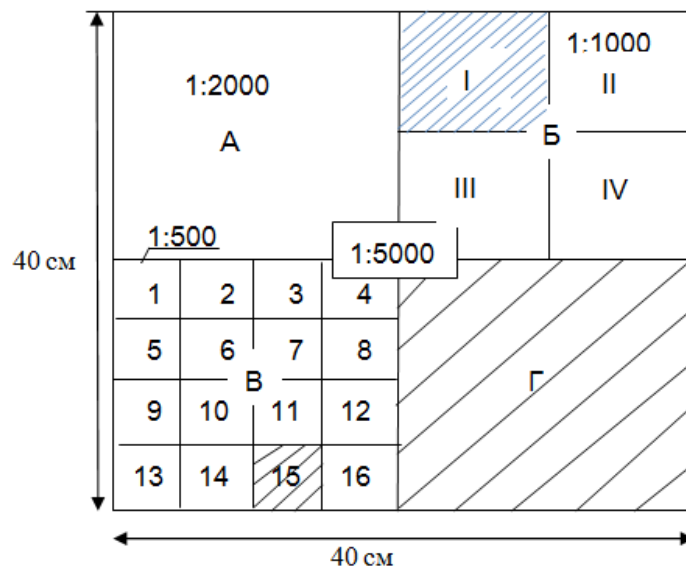


Рисунок 3.3 - Прямоугольная разграфка листа плана масштаба 1:5000

Лист плана масштаба 1:5000 делится на 4 части, и получаются листы плана масштаба 1:2000, которые обозначаются русскими заглавными буквами, например, 5-Г. Лист плана масштаба 1:2000 делится на 4 листа масштаба 1:1000 или на 16 листов масштаба 1:500. Листы плана масштаба 1:1000 обозначаются римскими цифрами от I до IV, например, 5-Г-I; листы плана масштаба 1:500 обозначаются арабскими числами от 1 до 16, например, 5-Г-16.

Размеры листа плана масштаба 1:5000 – 40x40 см; размеры листа плана масштаба 1:2000, 1:1000, 1:500 – 50x50 см.

На одном листе плана масштаба 1:5000 изображается участок местности площадью 4 км² (400 га), на листе плана масштаба 1:2000 - 1 км² (100 га), на листе плана масштаба 1:1000 - 25 га, на листе плана масштаба 1:500 – 6,25 га.

Порядок выполнения работы:

Для достижения необходимой точности все вычисления следует выполнять с не менее чем 12 значащими цифрами.

Исходные данные.

Параметры эллипсоида (эллипсоида Красовского):

Большая полуось $a = 6378245$, полярное сжатие $\alpha = 1/298,3$.

Номенклатура листа карты масштабов 1:100 000 в зависимости от номера варианта N: О-40-N

Порядок выполнения работы.

1. По формулам перехода.

В настоящее время предложено много рабочих формул преобразования эллипсоидальных координат в плоские прямоугольные в проекции Гаусса для эллипсоида Красовского. Все они имеют вид рядов, число членов которых зависит от требуемой точности

расчета. В зависимости от четности (нечетности) номера варианта N предлагаются следующие пути решения поставленной задачи, при которых погрешность составляет не более 0,001 м:

а) для четных номеров вариантов формулы преобразования имеют вид:

$$x = s + l^2(c_1 + l^2(c_2 + l^2(c_3 + c_4 l^2))) \sin 2B, \quad (3.1)$$

$$y = (5 + 10n) 10^5 + l(d_1 + l^2(d_2 + l^2(d_3 + l^2 d_4))) \cos B \quad (3.2)$$

где B – широта точки, рад; $l = L - L_0$ – долгота точки относительно осевого меридиана зоны, рад; L – долгота точки, рад; L_0 – долгота осевого меридиана зоны, равная $L_0 = 6^\circ n - 3^\circ$ (n – номер координатной зоны), рад;

$$s = 6367558,4968 B - (16002,8900 + 66,9607 \sin^2 B + 0,3515 \sin^4 B) \sin 2B$$

$$c_1 = 1594561,25 + 5336,535 \sin^2 B + 26,790 \sin^4 B + 0,149 \sin^6 B$$

$$c_2 = 672483,4 - 811219,9 \sin^2 B + 5420,0 \sin^4 B - 10,6 \sin^6 B$$

$$c_3 = 278194,0 - 830174,0 \sin^2 B + 572434,0 \sin^4 B - 16010,0 \sin^6 B$$

$$c_4 = 109500,0 - 574700,0 \sin^2 B + 863700,0 \sin^4 B - 398600,0 \sin^6 B$$

$$d_1 = 6378245,0 + 21346,1415 \sin^2 B + 107,1590 \sin^4 B + 0,5977 \sin^6 B$$

$$d_2 = 1070204,16 - 2136826,66 \sin^2 B + 17,98 \sin^4 B - 11,99 \sin^6 B$$

$$d_3 = 270806,0 - 1523417,0 \sin^2 B + 1327645,0 \sin^4 B - 21701,0 \sin^6 B$$

$$d_4 = 79690,0 - 866190,0 \sin^2 B + 1730360,0 \sin^4 B - 945460,0 \sin^6 B$$

б) для нечетных номеров вариантов формулы преобразования имеют вид:

$$x = 6367558,4969B + (((a_{28}l^2 + a_{26})l^2 + a_{24})l^2 + 0,5)l^2 R_N - a_0) \sin B \cos B \quad (3.3)$$

$$y = (5 + 10n) 10^5 + ((b_{17}l^2 + b_{15})l^2 + b_{13})l^2 + 1) l R_N \cos B \quad (3.4)$$

где B – широта точки, рад; $l = L - L_0$ – долгота точки относительно осевого меридиана зоны, рад; L – долгота точки, рад; L_0 – долгота осевого меридиана зоны, равная $L_0 = 6^\circ n - 3^\circ$ (n – номер координатной зоны), рад; R_N – радиус кривизны эллипсоида в плоскости первого вертикала, м;

$$R_N = a/\sqrt{1-e^2 \sin^2 B} \quad (3.5)$$

$$e^2 = 2\alpha - \alpha^2 \quad (3.6)$$

$$a_0 = (0.7092 \cos^2 B - 135.3277) \cos^2 B + 32140.4046,$$

$$a_{24} = ((0.0000076 \cos^2 B + 0.0025269) \cos^2 B + 0.25) \cos^2 B - 0.0416667,$$

$$a_{26} = ((0.00562 \cos^2 B + 0.16358) \cos^2 B - 0.08333) \cos^2 B + 0.00139,$$

$$a_{28} = ((0.125 \cos^2 B - 0.104) \cos^2 B + 0.014) \cos^2 B,$$

$$b_{13} = ((0.00112309 \cos^2 B + 0.33333333) \cos^2 B - 0.1666667,$$

$$b_{15} = ((0.004043 \cos^2 B + 0.196743) \cos^2 B - 0.166667) \cos^2 B + 0.00833,$$

$$b_{17} = ((0.1429 \cos^2 B - 0.1667) \cos^2 B + 0.361) \cos^2 B - 0.0002.$$

В приведенных формулах величины B и l выражены в радианной мере.

Рассчитанные координаты округлить до мм. Результаты представить в виде таблицы 3 с указанием номенклатуры съемочной трапеции и координат ее углов (широта, долгота) в градусах и минутах.

Таблица 3.3- Результаты рассчитанных координат

Угол трапеции	Геодезические координаты		Прямоугольные координаты	
	B	L	x, м	y, м
1				
2				
3				
4				

Контрольные вопросы:

1. **Определить Номенклатуру листа карты масштаба 1:25000**
2. Определить номер координатной зоны полученной номенклатуры
3. Что такое номенклатура
4. Что такое разграфка
5. В чем суть выполнения работы
6. Что такое геодезическая широта и долгота

Практическая работа № 4

ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ТЕОДОЛИТОВ

Количество часов: 10 часов.

Цели: Выявление соблюдения определённых геометрических условий в расположении основных осей при выполнении исследований, поверок и дальнейших юстировок теодолита ЗТ5КП.

Теоретическая часть: исследования и поверки теодолита ЗТ5КП

Прибор ЗТ5КП (рис. 4.1) - точный оптический теодолит прямого изображения с самоустанавливающимся компенсатором вертикального круга и шкаловым отсчетным микроскопом. Благодаря секторной оцифровке вертикального круга и устройству автоматического изменения знаков отсчеты по величине и знаку соответствуют измеренному вертикальному углу без дополнительных вычислений независимо от того, при каком положении (круг слева или справа) проводились измерения. Основные части и устройство теодолита во многом схожи с его предшественником 2Т5К.

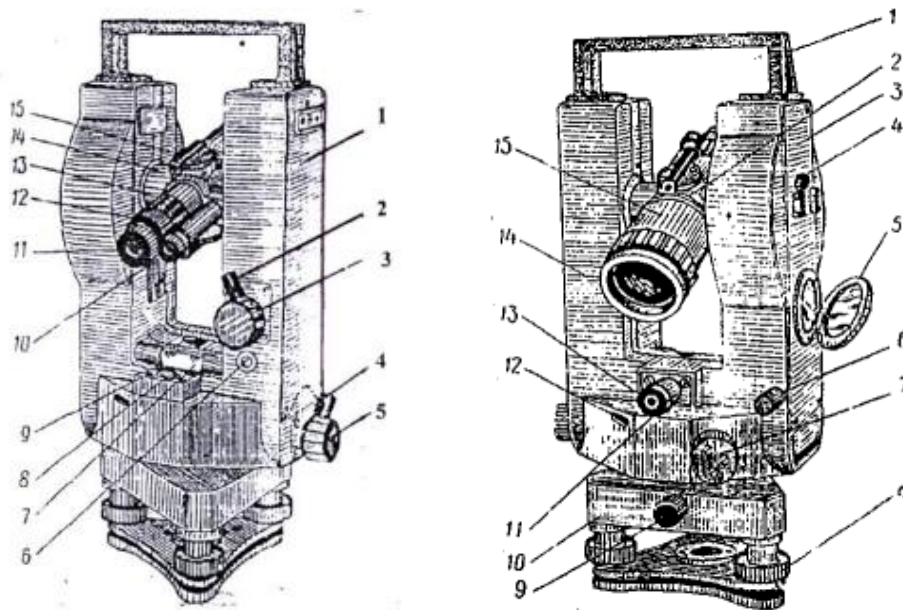


Рисунок 4.1 - Вид теодолита ЗТ5КП

Остановимся лишь на отдельных особенностях ЗТ5КП.

1 - колонка зрительной трубы; 2,4 - закрепительные винты; 3,5-наводящие винты; 6 - юстировочный винт, 7 -цилиндрический уровень; 8 - круглый уровень; 9- юстировочный винт круглого уровня; 10-окуляр микроскопа; 11 - окуляр зрительной трубы; 12-колпачок; 13-кремальера; 14 - ось вращения зрительной трубы; 15 - визир. Рисунок 4 - Вид теодолита ЗТ5КП со стороны цилиндрического уровня (положение «КЛ»)

Теодолит ЗТ5КП сконструирован по модульному принципу. Основными его частями являются зрительная труба 15, ось вращения прибора с горизонтальным кругом, колонка 1 с осью

вращения зрительной трубы 14 и колонка 3 с вертикальным кругом, модуль отсчетной системы, отсчетный микроскоп, наводящее устройство. 23 1 – ручка; 2-клиновое кольцо; 3-колонка зрительной трубы с вертикальным кругом; 4-пробка; 5-зеркало; 6-установочный винт; 7- рукоятка; 8-подъемный винт; 9-закрепительный винт; 10-подставка; 11-винт; 12-окно круга-искателя; 13-окуляр центрира; 14-колонка; 15-зрительная труба.

Рисунок 5 – вид теодолита ЗТ5КП со стороны оптического центрира при положении «КП» Вид сетки показан на рисунке 6. На краю сетки указано направление вращения кремальеры при фокусировании на бесконечность. Точный отсчет в начале измерений можно установить наводящим винтом. Кроме цилиндрического уровня на алидаде теодолита имеется круглый уровень 8 с юстировочными винтами 9.

Вид сетки нитей. Вид поля зрения отсчетного микроскопа показан на рисунок 4.2. Шкала горизонтального круга устроена аналогично шкале теодолита 2Т5К. Шкала вертикального круга теодолита ЗТ5КП имеет некоторые отличия. На шкале имеется два ряда цифр, возрастающих слева направо (верхний ряд) и справа налево (нижний ряд). По обе стороны шкалы расположены математические символы «+» и «-». В процессе измерения углов одна пара символов оказывается открытой, а другая закрытой в зависимости от того, при каком положении ВК теодолита производятся измерения.

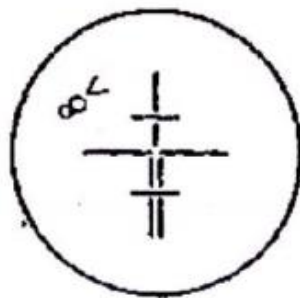


Рисунок 4.2 - Вид сетки нитей

Верхний знак относится к верхнему ряду цифр шкалы, нижний - к нижнему. Знак «-» и весь ряд сопряженных с ним цифр используется, когда в пределах шкалы находится штрих вертикального круга со знаком «-», и наоборот, знак «+» и весь ряд сопряженных с ним цифр используется, когда штрих вертикального круга не имеет знака. Одновременно с этим в поле зрения отсчетного микроскопа в боковых, попеременно закрывающихся окошках с буквами Л и П отображается информация о положении вертикального круга (Л - круг слева П - круг справа).

Практически все поверки и юстировки теодолита ЗТ5КП выполняются так же как и у 2Т5К. В новом теодолите дополнительно имеется возможность смещать сетку нитей при устранении коллимационной ошибки горизонтальными юстировочными винтами, расположенными под колпачком. Кроме того, исправление места нуля у теодолита ЗТ5КП

возможно, как вращением юстировочного винта под пробкой 4, так и перемещением балансировочных гаек маятника компенсатора.

Порядок выполнения работы:

Поверки и юстировки теодолитов производят для выявления и устранения ошибок, вызванных отступлением от геометрических и оптико-механических требований, заложенных в конструкцию прибора.

Поверка 1. Осмотр теодолита 3Т5КП. Регулировка хода подъемных винтов.

Ход подъемных винтов должен быть плавным, размеренным, без качки и заеданий.

Регулируют ход винта, вращая при помощи шпильки регулировочную гайку в ту или другую сторону до тех пор, пока не будет достигнут равномерный ход винтов.

Азимутальная устойчивость штатива и треножника должна быть обеспечена при вращении алидады горизонтального круга.

Закрепляют теодолит на штативе, приводят вертикальную ось вращения прибора в отвесное положение, наводят сетку нитей зрительной трубы на какой-нибудь резко выделяемый предмет. При приложении слабых вращательных усилий к головке штатива сетка нитей зрительной трубы не должна отклоняться от предмета. В противном случае следует туже затянуть винты шарнира (барашки) ножек штатива.

Добившись устойчивости штатива, аналогично проверяют устойчивость треножника теодолита, при обнаружении отклонения сетки от изображения предмета следует подтянуть гайки, регулирующие ход подъемных винтов треножника.

Поверка 2. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Выполнение: алидаду поворачивают так, чтобы ось уровня расположилась параллельно прямой, соединяющей любые два подъемных винта подставки. Вращая эти винты в противоположных направлениях, выводят пузырек уровня на середину ампулы. Затем алидаду поворачивают на 90° и третьим подъемным винтом устанавливают пузырек уровня на середину. Тем самым сначала выполняется горизонтирование.

Эту операцию выполняют 2 - 3 раза, до тех пор, пока пузырек уровня будет отклоняться от середины не более чем на 1 деление ампулы. Далее алидаду поворачивают на 180° и оценивают смещение пузырька от середины. Если величина отклонения больше одного деления, то требуется юстировка уровня.

Юстировка: половина смещения пузырька устраняется подъемным винтом подставки, другая - юстировочным винтом уровня. После юстировки поверку повторяют еще раз.

Поверка 3. Вертикальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы, либо горизонтальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения зрительной трубы.

Выполнение: первое условие поверяется с помощью отвеса, закрепленного в 8 - 10 м от теодолита. Если при отвесном положении вертикальной оси теодолита вертикальная нить сетки совпадает с нитью отвеса, то условие выполнено.

Второе условие поверяют следующим образом. Теодолит закрепляют на штативе и приводят ось вращения в отвесное положение. Зрительную трубу наводят на визирную цель, совместив изображение цели с левым концом среднего горизонтального штриха сетки нитей. Вращая алидаду наводящим винтом по азимуту, оценивают смещение изображения цели с правого конца этого штриха. Если смещение составляет более чем три ширины штриха, требуется юстировка наклона сетки нитей.

Юстировка: на колпачке 9 (рисунок 1) вывинчиваются на 3 - 4 оборота два стопорных винта. Затем вывинчивается окуляр зрительной трубы вместе с колпачком. Окуляр завинчивается обратно, но без колпачка; его устанавливают по глазу, слегка отпускают 4 крепежных винта корпуса окуляра к зрительной трубе и поворотом корпуса устраняют наклон сетки нитей. Корпус окуляра закрепляют и повторяют поверку. По окончании юстировки окуляр вывинчивается, колпачок устанавливается на прежнее место. Окуляр завинчивается и колпачок закрепляется.

Для обеспечения хода окуляра в обе стороны необходимо обратить внимание на положение ограничителя хода окуляра (выступа на колпачке) при его закреплении.

Поверка 4. Компенсатор отсчетной системы вертикального круга должен обеспечивать неизменность отсчета по вертикальному кругу при наклоне оси вращения теодолита, указанных для данного прибора.

Поверку выполняют после поверки цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга и выполняют ее в таком порядке: сначала поверяют точность работы компенсатора, а затем – предел его работы

Выполнение: Для проверки точности работы компенсатора выбирают какую-либо точку визирования и устанавливают теодолит на штативе так, чтобы один из подъемных винтов подставки был расположен в направлении выбранной точки. Приводят пузырек ровня при алидаде горизонтального круга на середину, наводят трубу на точку и берут отсчет по вертикальному кругу. Наведение трубы на точку повторяют и снова берут отсчет.

Поворачивают алидаду на 90° , подъемным винтом подставки, расположенным по направлению на выбранную точку, наклоняют теодолит на 2-3 деления уровня, после чего дважды наводят трубу на точку. Берут отсчеты по вертикальному кругу.

Разность между средними арифметическими значениями первой и второй пары отсчетов не должна превышать точности отсчитывания по кругу, для теодолитов Т5К и 2Т5К – не более 0,1'.

Далее поверку повторяют, наклоняя теодолит от среднего положения в противоположную сторону.

Для проверки предела работы компенсатора устанавливают теодолит по цилиндрическому уровню, закрепляют трубу и берут отсчет. Далее, наблюдая в отсчетный микроскоп, медленно вращают подъемный винт подставки, расположенный в коллимационной плоскости зрительной трубы. Во время вращения подъемного винта будет наблюдаться смещение штриха лимба вертикального круга относительно шкалы микроскопа. Подъемный винт вращают до момента, пока штрих не прекратит смещение относительно шкалы, и берут отсчет по вертикальному кругу. Этот отсчет сравнивают с предыдущим. Разность отсчетов должна быть не менее предельной величины, указанной для компенсатора данного прибора (для Т5К - 3', для 2Т5К – 3,5'). Поверку повторяют, вращая подъемный винт в противоположном направлении.

Исправление работы компенсатора теодолита Т5К выполняют в мастерской, теодолита 2Т5К – вращением юстировочного винта компенсатора.

Поверка 5. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы.

Выполнение: на местности выбирается визирная цель, удаленная не менее чем на 50 м, направление на которую должно быть примерно горизонтальным (отклонение от горизонта не более 2°). Зрительная труба наводится на визирную цель при положении «круг лево» и «круг право» со снятием отсчетов по горизонтальному кругу (соответственно отсчеты КЛ и КП). Затем освобождается закрепительный винт подставки, теодолит поворачивают на 180° и вновь закрепляют в подставке. Зрительную трубу наводят на ту же цель при двух положениях вертикального круга «КЛ» и «КП» и также берут отсчеты по горизонтальному кругу КЛ2 и КП2.

Коллимационную ошибку вычисляют до целого числа секунд по формуле:

$$C = 0,25 \{ (КЛ1 - КП1 \pm 180^\circ) + (КЛ2 - КП2 \pm 180^\circ) \},$$

Величину C определяют дважды и за окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух значений. Разность между двумя значениями коллимационной ошибки не должна превышать 15".

Юстировка: вычисляют «правильный» отсчет КЛ1 по лимбу горизонтального круга, например, при положении «круг лево»:

$$КЛ' = 0,25 \{ (КЛ1 + КП1 \pm 180^\circ) + (КЛ2 - КП2 \pm 180^\circ) \} \text{ или } КЛ'2 = КЛ2 - C_{ср},$$

Вращая наводящий винт горизонтального круга, устанавливают отсчет КЛ₂ на лимбе. При этом изображение визирной цели сместится с перекрестья сетки нитей. Совпадения изображения цели с перекрестьем сетки добиваются вращением клинового кольца 3 (рисунок 2) специальным юстировочным ключом.

Проверка 6. Определение места нуля (МО) вертикального круга.

Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси. Строго говоря, величина МО в процессе измерений может иметь любое значение. Однако для удобства при работе следует стремиться к минимальному по абсолютной величине отсчету по вертикальному кругу, при котором визирная ось зрительной трубы занимает горизонтальное положение.

МО определяют визированием на удаленную цель при двух положениях вертикального круга теодолита и вычисляют до целого числа секунд по формуле:

$$МО = 0,5(КЛ + КП),$$

где КЛ, КП - отсчеты по вертикальному кругу при двух положениях прибора «круг лево» и «круг право».

МО определяют дважды и за окончательное значение берут среднее из двух определений. Разность между значениями МО не должна превышать 15". В противном случае требуется его исправление.

Исправление МО производят в следующем порядке. Определив МО, вычисляют «правильный» отсчет по вертикальному кругу:

$$КЛ - МО \text{ или } КП + МО$$

и устанавливают его на шкале вертикального круга вращением специального юстировочного винта на колонке зрительной трубы. После юстировки МО определяют еще раз.

Проверка 7. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Выполнение: на расстоянии 2-3 м от стены устанавливается теодолит и приводится в рабочее положение. На стене закрепляется визирная марка под углом $\nu = 25 - 35^\circ$ к горизонту (рис. 4.3). На перекрестие марки наводят зрительную трубу при «круге лево» и берут отсчеты по горизонтальному кругу КЛ и вертикальному кругу при КЛ. Наклоняют зрительную трубу на угол $-\nu \pm 1^\circ$ и закрепляют на стене вторую визирную марку так, чтобы изображение ее перекрестия расположилось вблизи перекрестия сетки нитей или точно совпало с ним.

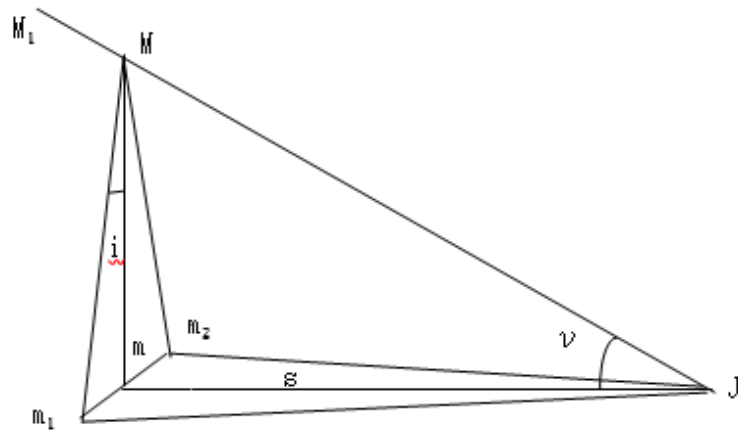


Рисунок 4.3 - Определение величины угла i

Зрительную трубу наводят на перекрестие нижней марки и берут отсчеты КЛ по горизонтальному кругу и вертикальному кругу. Сменив положение вертикального круга теодолита, повторно берут отсчеты по горизонтальному кругу сначала на верхнюю, затем на нижнюю марку КП и КП соответственно.

Наклон оси вращения зрительной трубы вычисляют до целого числа секунд по формуле:

$$i = 0,25 \{ (КЛн - КЛв) - (КПн - КПв) \} \operatorname{ctg} v_{\text{ср}}$$

Определение i повторяют и вычисляют среднее арифметическое значение наклона из двух определений. Разность между значениями не должна превышать $15''$.

Если $(i_2 - i_1) > 15''$, то наклон рекомендуется исправить в мастерской. Если измерения выполнять полными приемами, то наклон оси будет исключен из результатов измерений, поэтому в теодолитах, находящихся в эксплуатации, его значение допускается до $40''$.

Проверка 8. Ось оптического центрира должна быть параллельна оси вращения теодолита.

Выполнение: теодолит устанавливается на штативе, приводится в рабочее положение, под штатив кладется визирная марка. Изображение перекрестия марки вводится в центр сетки нитей центрира. Алидада разворачивается на 180° и оценивается величина смещения изображения марки относительно центра сетки нитей. Допустимым считается смещение не более $0,5$ радиуса малой окружности сетки нитей.

Юстировка: половина отклонения устраняется юстировочными винтами самого центрира. Четыре юстировочных винта находятся под крышкой 21. С их помощью можно изменить положение визирной оси центрира, вывинчивая или завинчивая его средние или крайние юстировочные винты.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные части теодолита 2Т5К.
2. Назвать условия поверок теодолита
3. В каждой поверке назвать допуски
4. Рассказать ход выполнения поверки
5. Рассказать способы юстировки каждой поверки
6. По измеренным значениям определить значение ошибки

Практическая работа № 5

**ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ ВЫСОКОТОЧНЫМИ
ОПТИЧЕСКИМИ ТЕОДОЛИТАМИ (ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ)**

Количество часов: 10 часов.

Цели: Обработать результаты наблюдений высокоточным оптическим теодолитом (электронным тахеометром) при измерение горизонтальных углов способом круговых приемов

Порядок выполнения работы:

1. Привести прибор в рабочее положение.
2. Измерить горизонтальные угла первым полуприемом.

На пункте ПП5 измерить левые горизонтальные углы между направлениями на пункты ПП1, ПП2, ПП3 (рис. 5.1).

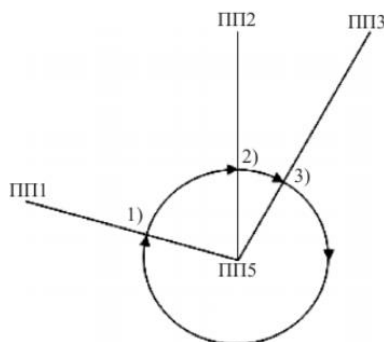


Рисунок 5.1 - Левые горизонтальные углы между направлениями на пункты

При круге слева теодолит визируем на первое (начальное) направление (в качестве исходного направления выбираем наиболее надежное направление с хорошими условиями наблюдения).

а) Устанавливаем отсчет по горизонтальному кругу:

— с помощью рукоятки оптического микрометра устанавливаем отсчет по шкале оптического микрометра;

— с помощью рукоятки перестановки горизонтального круга устанавливаем отсчет;

— с помощью установочного винта, расположенного под колпачком, точно совмещаем штрихи гори зонтального круга.

б) Проверяем наведение зрительной трубы на цель, если нужно уточняем наведение и далее производим отсчет по горизонтальному кругу при двух совмещениях: разводим изображения диаметрально противоположных штрихов с помощью рукоятки оптического микрометра и производим отсчет при первом совмещении; разводим изображения штрихов и выполняем второе совмещение, производим отсчет $0^{\circ}00'16,2''$. Расхождения отсчетов при двух совмещениях не должны превышать $2''$. Вычисляем средний отсчет $0^{\circ}00'15,8''$.

Вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируем на вторую цель, производим отсчет по горизонтальному кругу при двух совмещениях.

Вращая алидаду горизонтального круга по ходу часовой стрелки, визируем на третью цель, производим отсчет по горизонтальному кругу при двух совмещениях.

6. Вращая алидаду по ходу часовой стрелки, повторно визируем на начальное направление и производим отсчеты по горизонтальному кругу при двух совмещениях.

Примечание: Повторное наведение на начальное направление называют замыканием горизонта.

Вычисляем замыкание горизонта при круге слева:

$$\Delta_{\text{л}} = 0^{\circ}00'14,5'' - 0^{\circ}00'15,8'' = -1,3''.$$

Примечание: замыканием горизонта называют расхождение (разность) между результатами наблюдений на начальное направление в конце и начале полуприема. Замыкание горизонта не должно превышать $|\Delta| \leq 8''$ (если превышает, то этот прием сразу повторяют). Замыкание горизонта выполняется для того, чтобы установить, сохранил ли лимб неизменное положение в процессе измерений.

Закончили первый полуприем.

3. Измерить горизонтальные угла вторым полуприемом.

Переводим зрительную трубу через зенит, и, вращая алидаду горизонтального круга против хода часовой стрелки, визируем при круге справа на первую цель. Производим отсчет при двух совмещениях.

Вращаем алидаду против хода часовой стрелки (рис. 5.2). Выполняем наблюдения на третью цель (2), на вторую цель (3) и повторно визируем на начальное направление (4).

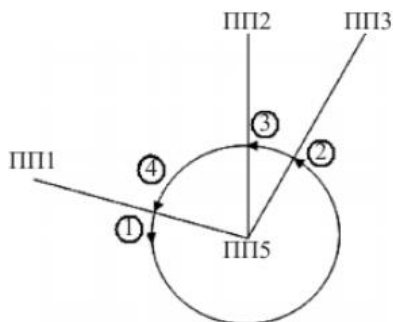


Рисунок 5.2 - Правые горизонтальные углы между направлениями на пункты

Примечание: отсчеты второго полуприема (П) записывают снизу-вверх.

Вычисляем замыкание горизонта при круге справа $\Delta_{\text{п}} = +4,7''$.

В процессе наблюдений вычисляем значения двойной коллимационной погрешности:

$$2C_i = L_i - \Pi_i \pm 180^\circ$$

Колебание $2C$ в приеме не должно превышать $8''$ (если превышает, то этот прием сразу повторяют).

Далее вычисляют средние направления по формуле:

$$(L + \Pi)/2$$

Примечание: число градусов среднего направления соответствует числу градусов отсчета при L (например, среднее первое направление $0^\circ 00' 24,0''$).

Вычисляем замыкание горизонта с использованием средних направлений:

$$\Delta_{\text{ср}} = 0^\circ 00' 25,7'' - 0^\circ 00' 24,0'' = +1,7''.$$

Контроль:

$$\Delta_{\text{Кср}} = (\Delta_{\text{л}} + \Delta_{\text{п}})/2 = (-1,3'' + 4,7'')/2 = +1,7''.$$

Расхождение между $\Delta_{\text{ср}}$ и $\Delta_{\text{Кср}}$ не должно превышать $0,1''$ – $0,2''$.

Далее при вычислении используем $\Delta_{\text{ср}}$.

Среднее замыкание распределяется с обратным знаком на все направления пропорционально их номерам. Поправки в средние направления за замыкание горизонта вычисляются по формуле

$$V_i = \frac{-\Delta_{\text{ср}}}{N} (i-1),$$

где N — число направлений (в нашем случае $N=3$),

i — номер направления.

$$V_1 = \frac{-1,7''}{3} \cdot (1-1) = 0,0'',$$

$$V_2 = \frac{-1,7''}{3} \cdot (2-1) = -0,6'',$$

$$V_3 = \frac{-1,7''}{3} \cdot (3-1) = -1,1''.$$

Поправка в среднее направление при повторном визировании на начальное направление равна $-1,7''$.

Поправки записываются над числом секунд соответствующих средних направлений.

Далее вычисляем приведенные направления: из каждого среднего направления с учетом поправки вычитаем первое (начальное) среднее направление:

$$79^\circ 54' 27,3'' - 0,6'' - 0^\circ 00' 24,0'' = 79^\circ 54' 02,7'',$$

$$93^\circ 48' 46,6'' - 1,1'' - 0^\circ 00' 24,0'' = 87^\circ 48' 21,5''.$$

Примечание:

Приведенные направления — это углы между начальным и остальными направлениями (рис 5.3).

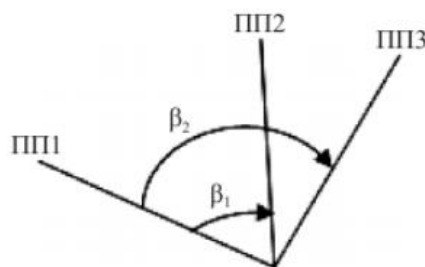


Рисунок 5.3 - Приведенные направления

Первый прием выполнен.

Далее выполняем остальные приемы на соответствующих установках горизонтального круга.

Порядок выполнения наблюдений и вычислений аналогичен рассмотренному выше.

После выполнения всей серии наблюдений по основной программе необходимо сравнить соответствующие приведенные направления всех шести приемов. Расхождения соответствующих приведенных направлений не должны превышать $8''$.

При наличии в группе измерений отдельных приемов или углов, результаты которых не удовлетворяют приведенному выше допуску, приемы повторяются на тех же установках лимба (при этом число неудовлетворительных приемов не должно превышать $1/3$ от общего числа приемов основной программы).

Повторные измерения следует выполнять после окончания наблюдений по основной программе.

Если среднее значение приведенного направления (угла), полученное из основного и повторного измерений, удовлетворяет установленному допуску (8"), то оно принимается в дальнейшую обработку.

В противном случае основной прием вычеркивается и в обработку не принимается.

Контрольные вопросы:

1. Порядок выполнения работ с теодолитом
2. Порядок выполнения работы с электронным тахеометром
3. Перечислить способы определения горизонтальных направлений
4. Какой контроль у полученных данных
5. Какие поправки вводятся в данном способе

Практическая работа № 6

ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТОЧНЫХ И ВЫСОКОТОЧНЫХ НИВЕЛИРОВ

Количество часов: 10 часов.

Цели: Выявление соблюдения определённых геометрических условий в расположении главных осей при выполнении исследований, поверок нивелира Н-05.

Теоретическая часть: Общие сведения о геометрическом нивелировании.

Нивелирование - это совокупность геодезических измерений, производимых для определения превышений (h) и высот (H) относительно принятой исходной поверхности.

Применяют следующие виды нивелирования:

- геометрическое - нивелирование геодезическим прибором, имеющим горизонтальный луч визирования;
- тригонометрическое (геодезическое) - нивелирование геодезическим прибором, имеющим наклонный луч визирования;
- физическое - нивелирование геодезическим прибором, с измерением физических величин (изменение атмосферного давления, ускорения силы тяжести);
- механическое - нивелирование различными механическими приборами.

Самым точным является геометрическое нивелирование. Государственная нивелирная сеть создается методом геометрического нивелирования и состоит из нивелирных сетей I, II, III, IV классов. Нивелирные сети I и II классов относятся к высокоточному нивелированию и являются главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей территории страны. Нивелирование III, IV классов предназначается для обеспечения единой системой высот топографических съемок и решения инженерных задач.

В таблице 6.1 представлены значения предельных средних квадратических ошибок и допустимые невязки в полигонах согласно Инструкции ГКИНП (ГНТА)-03-010-02 по нивелированию I, II, III и IV классов.

Чтобы производить геометрическое нивелирование с требуемой точностью, необходимо использовать соответствующие геодезические приборы - нивелиры.

Нивелир - геодезический прибор, который позволяет определить превышение одной точки над другой при помощи горизонтального луча визирования и вертикально установленных реек.

Таблица 6.1 - Предельные средние квадратические ошибки и допустимые невязки в полигонах.

Класс нивелирования	Предельная средняя квадратическая ошибка мм/км	Допустимые невязки в полигонах и по линиям f мм
I	0.8	$3\text{мм}\sqrt{L}^*$
II	2.0	$5\text{мм}\sqrt{L}$
III	5.0	$10\text{мм}\sqrt{L}$
IV	10.0	$20\text{мм}\sqrt{L}$

L - периметр полигона или длина линии, км.
 * Ошибку вычисляют по невязкам линий или полигонов.

По степени точности нивелиры делятся на 3 группы:

- высокоточные;
- точные;
- технические.

В таблице 6.2 представлены основные параметры нивелиров в соответствии с ГОСТ 10528-90.

Нивелир Н-05 является глухим нивелиром. Это означает, что зрительная труба соединена наглухо с подставками. Увеличение зрительной трубы 42, фокусировка внутренняя. Нивелир снабжён механизмом с плоскопараллельной пластиной и цилиндрическим контактном уровнем. Изображение контактного уровня передаётся в поле зрения трубы. Уровень считается «приведённым на середину», если концы пузырька совмещены. С механизмом, осуществляющим наклон плоскопараллельной пластины, связано отсчётное приспособление с барабаном и оптическим микрометром. Цена деления отсчётного барабана в среднем 0,05 мм. Механизм с плоскопараллельной пластиной позволяет смещать параллельно самому себе визирный луч и этим своим смещением оценивать доли делений рейки.

Таблица 6.2 - Основные параметры нивелиров

Наименование параметра	Группа нивелиров		
	высокоточных	точных	технических
Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода (в мм): для нивелиров с компенсатором для нивелиров с уровнем	0,3 0,5	2,0 3,0	5,0 -
Увеличение зрительной трубы, крат, не менее	40	30	20
Диаметр входного зрачка зрительной трубы, мм, не менее	48	37	24
Наименьшее расстояние визирования, м, не более: без насадки с насадкой на объектив	4.0 1.0	1,5 0,8	1,0 0,5
Коэффициент нитяного дальномера, крат	100 ± 1	100 ± 1	100 ± 1
Цена деления уровня при зрительной трубе, угл. сек. на 2 мм	10 ± 1	15 ± 1,5	-
Цена деления шкалы оптического микрометра, мм	0,05 ± 0,003	-	-

На рисунке 6.3, 6.4 представлен общий вид нивелира Н-05 со стороны элевационного винта и со стороны цилиндрического уровня.

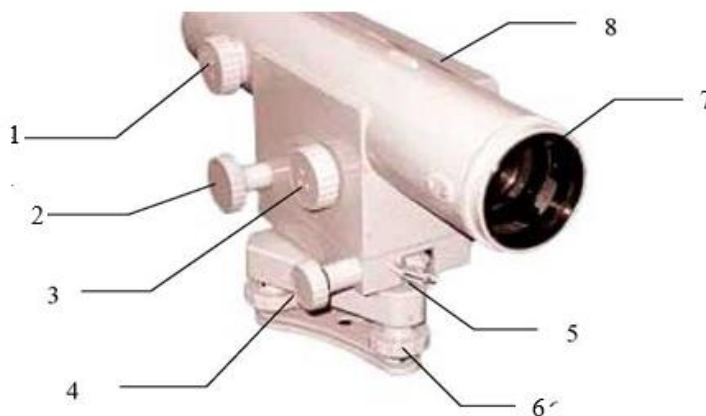


Рисунок 6.3 - Нивелир Н-05 (вид со стороны элевационного винта):

1 - головка фокусирующего устройства; 2 - головка элевационного винта; 3 – головка механизма наклона плоскопараллельной пластинки; 4 - головка наводящего винта; 5 - зажимной винт; 6 - подъемный винт; 7 - объектив; 8 - коробка цилиндрического уровня.



Рисунок 6.4 - Нивелир Н-05 (вид со стороны цилиндрического уровня):

1 - закрепительный винт оправы оптического клина; 2 - подставка; 3 – цилиндрический уровень; 4 - зеркало подсветки цилиндрического уровня; 5 - круглый (установочный) уровень; 6 - вкладыш.

На рисунке 6.5 показано поле зрения нивелира Н-05.

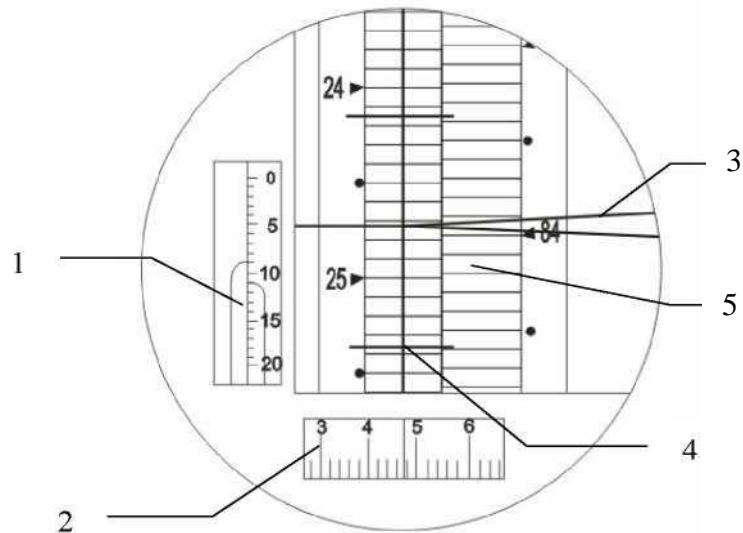


Рисунок 6.5 - Поле зрения нивелира Н-05:

1 - изображение пузырька цилиндрического уровня; 2 - изображение шкалы микрометра; 3 - биссектор; 4 - дальномерные нити; 5 - изображение рейки.

Фокусировка изображения производится вращением головки фокусирующего устройства 1. Фокусировка изображения сетки нитей производится вращением диоптрийного кольца окуляра зрительной трубы. Для негрубого (тонкого) изменения положения визирной оси относительно подставки служит элевационный винт 2. С его помощью можно добиться совмещения изображения концов цилиндрического уровня в поле зрения зрительной трубы.

Вращение головки механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластинку 3, смещает визирный луч в вертикальной плоскости, что позволяет точно навести горизонтальную нить сетки нитей на

штрих инварной рейки. Вращение головки наводящего винта 4 приводит к перемещению визирной оси нивелира в горизонтальной плоскости для точного наведения вертикальной нити сетки нитей на рейку.

Зажимной винт 5 может находиться в двух положениях - при его наклоне влево верхняя часть нивелира может свободно вращаться относительно подставки, а при его наклоне вправо зрительная труба нивелира жестко сцепляется с подставкой.

Порядок выполнения работы:

Проверка 1. Осмотр нивелира. Регулировка хода подъемных винтов.

При осмотре нивелира обращают внимание на исправность всех его частей, отсутствие шатаний в подъёмных, закрепительных и наводящих винтах, отсутствие коррозии, раковин на металлических частях и других видимых дефектов прибора. Визуально проверяют чистоту оптических деталей зрительной трубы; контрастность и чёткость одновременного изображения всех нитей сетки, концов пузырька уровня и шкалы отчётного микрометра; плавность вращения окуляра и головки, перемещающей фокусирующую линзу; возможность точной фокусировки на выбранный предмет и качество изображения.

При осмотре нивелира проверяют также исправность зеркала подсветки уровня, качество работы элевационного винта и механизма оптического микрометра, а также крепления всех подвижных частей нивелира и стопорных винтов. Исправительные винты должны занимать среднее положение.

Элевационный винт и барабан оптического микрометра не должны иметь видимого мёртвого хода. Изменение наклона зрительной трубы при помощи элевационного винта должно быть плавным, без срывов. Совмещение изображения концов пузырька уровня должно происходить вблизи центральной части окошечка. Барабан оптического микрометра должен вращаться плавно и иметь достаточное трение, чтобы не сползать.

Проверяют исправность штатива, смотрят, подходит ли становой винт к нивелиру. Подтягивают все винты и гайки и проверяют устойчивость штатива. Для этого нивелир устанавливают на штативе, приводят его в рабочее положение, наводят на рейку, совмещают концы пузырька цилиндрического уровня и слегка нажимают на головку штатива. После того как прекратится нажим на штатив, отсчёт по рейке и положение концов пузырька цилиндрического уровня не должны значительно отличаться от первоначального. Если отличие значительно, то следует установить и устранить причины неустойчивости штатива.

При плотно завинченном становой винте подъёмные винты подставки нивелира должны вращаться легко и плавно. Если их вращение затруднено или, наоборот, слишком лёгкое, то регулируют их ход.

Для этого устанавливают нивелир на штатив, приводят в рабочее положение и вращают подъёмный винт до тех пор, пока боковое наружное отверстие подъёмного винта не совместится с отверстием внутренней регулировочной гайки. При помощи шпильки,

вставляемой в это отверстие, поворачивают весь винт до тех пор, пока вращение его не будет нормальным. После исправления вращения первого подъёмного винта проверяют следующий винт. Регулировка подъёмных винтов (рис. 6.6) осуществляется путём нескольких исправлений и проб каждого винта.

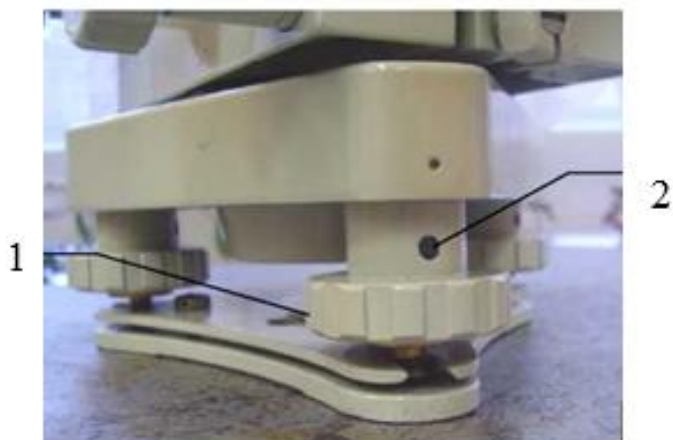


Рисунок 6.6 - Регулировка подъемного винта:

1 - подъемный винт; 2 - боковое наружное отверстие

Проверка 2. Проверка круглого установочного уровня.

Ось круглого установочного уровня (рис. 6.7) должна быть параллельна оси вращения нивелира.



Рисунок 6.7 - Регулировка установочного уровня:

1 - круглый (установочный) уровень; 2 - исправительные винты уровня

Пузырёк установочного уровня приводят на середину при помощи подъёмных винтов. Поворачивают нивелир вокруг оси на 180 градусов. Если пузырёк отклонился от середины, то, действуя исправительными винтами, расположенными снизу оправы уровня, перемещают его к середине на половину дуги отклонения, а затем подъёмными винтами приводят его на

середину. Затем снова поворачивают нивелир на 180 градусов. Если пузырёк уйдёт с середины более чем на 0,3 деления, то производят вторичное исправление. Обычно требуется не более трёх исправлений. Эту поверку выполняют ежедневно перед началом работы.

Поверка 3. Исследование плавности вращения нивелира вокруг вертикальной оси.

Нивелир устанавливают на каменной тумбе и тщательно горизонтируют его по цилиндрическому уровню. Затем постепенно поворачивают верхнюю часть нивелира вокруг вертикальной оси на два оборота, то есть на 720°, отсчитывая деления уровня через каждые 60° по концам пузырька (рис. 6.8).

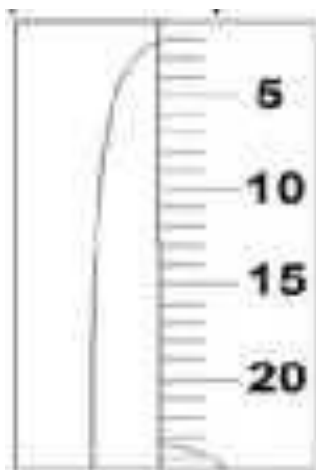


Рисунок 6.8 - Отсчеты по левому и правому концам пузырька уровня: Л=3,2, П=23,2.

В прямом ходе вращение производят по ходу часовой стрелки, в обратном - против. Перед каждым отсчётом уровень должен успокоиться. Расхождение между отсчётами, полученными при прямом и обратном ходах на одних и тех же установках не должны превышать 20", а вращение нивелира должно быть лёгким и плавным. В противном случае нужно провести чистку и смазку оси. Пример проведения исследования представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пример проведения исследования

Установка трубы	Прямой ход			Обратный ход			Разность
	Л	П	П-Л	Л	П	П-Л	
0 (a)	12,5	12	+0,5	11,5	11,1	0,4	0,1
60 (b)	11,1	11,0	+0,1	11,1	11,5	-0,4	0,5
120 (c)	10,0	10,2	-0,2	10,5	10,6	-0,1	-0,1
180 (d)	11,0	1,1	-0,1	11,0	11,5	-0,5	0,4
240 (e)	11,7	11,5	0,2	11,9	10,8	1,1	-0,9
300 (f)	11,3	11,0	+0,3	11,0	11,1	-0,1	0,4
360 (a)	12,0	11,8	0,2	11,0	10,5	0,5	-0,3
420 (b)	11,5	11,7	-0,2	11,0	11,5	-0,3	-0,1
480 (c)	11,3	11,4	-0,1	11,2	11,5	-0,3	0,2
540 (d)	11,6	11,5	0,1	11,7	11,2	0,5	-0,4
600 (e)	10,5	10,9	-0,4	10,2	10,2	0	-0,4
660 (f)	11,1	10,7	0,4	11,0	11,5	-0,5	0,9

Цена деления уровня составляет 4,1"

Наибольшее отклонение разности прямого и обратного хода на одних и тех же установках составляет 0,8 деления уровня, что составляет $0,8 \cdot 4,1'' = 3,28''$. Это не превышает допустимого значения 20''.

При несплавном вращении верхней части нивелира Н-05 необходимо в первую очередь проверить смазку вертикальной оси вращения. Для этого необходимо выполнить следующие действия: вывинтить два винта крепления вкладыша, расположенного под установочным уровнем; вывинтить до упора наводящий винт; отжать гильзу возвратной пружины и, слегка поворачивая верхнюю часть нивелира, снять ее с вертикальной оси; протереть ось и втулку салфеткой и нанести на ось 5 - 6 капель масла; надеть на ось верхнюю часть, при этом следить за тем, чтобы гильза возвратной пружины попала в углубление на водильце хомутика; ввинтить наводящий винт, при этом шпилька наводящего винта должна попасть в углубление на водильце хомутика; закрепить винтами вкладыш.

Проверка 4. Устранение параллакса сетки нитей.

При параллаксе плоскость сетки нитей не совпадает с плоскостью изображения рейки, а находится ближе или дальше неё. В этом случае при изменении положения глаза относительно окуляра происходит изменение отсчёта по рейке на 2-3 мм.

Чтобы уничтожить параллакс, необходимо совместить плоскость сетки нитей с плоскостью изображения предмета. Это достигается как перемещением сетки нитей при помощи диоптрийного кольца окуляра, так и изменением фокусировки.

Исправления выполняются до тех пор, пока отсчёт по рейке не будет постоянным при изменении положения глаза относительно окуляра. Проверку выполняют перед началом утренних и вечерних наблюдений.

Проверка 5. Проверки и исправления установки сетки нитей.

Если нивелир находится в рабочем положении, то вертикальная нить сетки нитей должна совпадать с отвесом, а ось биссектора должна быть перпендикулярна ей.

Проверку выполняют в помещении. В 10-15 м от нивелира вешают тяжёлый отвес.

Тщательно горизонтируют прибор. Совмещают один из концов вертикальной нити (рис. 6.9) с нитью отвеса. Если другой конец вертикальной нити отходит от отвеса более чем на 0,5 мм (измерения выполняют линейкой), то установку сетки нитей следует исправить.

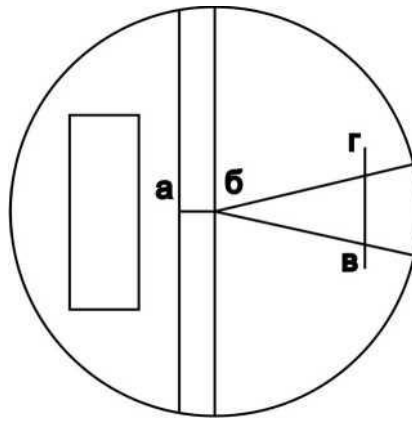


Рисунок 6.9 - Сетка нитей

Предварительно необходимо отсоединить окулярную часть от корпуса зрительной трубы. Ослабив закрепительные винты примерно на один оборот, пластинку с сеткой нитей слегка поворачивают. Затем надевают окулярную часть на зрительную трубу и проверяют положение вертикальной нити. Постепенно добиваются того, чтобы вертикальная нить сетки строго совпадала с отвесом. Закрепив винты, необходимо еще раз убедиться, что положение вертикальной нити не нарушилось. После этого привинчивают окулярную часть.

Затем проверяют установку оси биссектора. Ось биссектора должна быть перпендикулярна вертикальной оси. Тщательно приводят вертикальную ось вращения нивелира в отвесное положение. Наводят точкой *а* горизонтальной нити сетки на какую-нибудь хорошо видимую точку, находящуюся на расстоянии около 10 м от нивелира, точно совмещают концы пузырька уровня и производят отсчёт по барабану оптического микрометра нивелира с точностью до 0,1 деления. Отсчёт по барабану должен быть близок к 50. Наводят на выбранную точку точками *б*, *в*, *г* горизонтальной нити и биссектора и производят отсчёты.

Вычисляют разность Δ по формуле:

$$\Delta = (a+b)/2 - (v+г)/2$$

Если эта разность превышает два деления, то необходимо ещё раз проверить юстировку вертикальной оси. При расхождениях более чем на 2 деления сетку нитей необходимо заменить.

Проверка 6. Проверки и исправления установки цилиндрического контактного уровня.

Главное требование к нивелиру: ось контактного цилиндрического уровня должна быть параллельной визирной оси.

Проверка этого условия распадается на две части:

- 1) проверяется, располагается ли ось уровня и визирная ось в параллельных отвесных плоскостях;
- 2) определяется угол i (проекция на отвесную плоскость угла между осью уровня и визирной осью трубы). Этот угол должен быть меньше 10".

Первую часть проверки выполняют следующим образом.

Устанавливают нивелир примерно в 50 м от рейки так, чтобы один подъёмный винт находился в отвесной плоскости, проходящей через визирную линию, а два других по обе стороны от неё. Тщательно приводят ось вращения нивелира в отвесное положение по установочным уровням и, совместив элевационным винтом изображения концов пузырька, производят отсчёт по рейке.

Поворотами подъёмных винтов, расположенных симметрично относительно визирной плоскости, в разные стороны точно на два полных оборота каждым винтом дают нивелиру боковой наклон. При этом следят, чтобы отсчёт по рейке не менялся. Затем точно также придают боковой наклон нивелиру в другую сторону. Если в обоих случаях концы пузырька уровня не расходятся или пузырёк смещается одинаково, то первое требование выполнено. В противном случае производят исправление установки цилиндрического уровня при помощи боковых исправительных винтов (рис. 6.10).

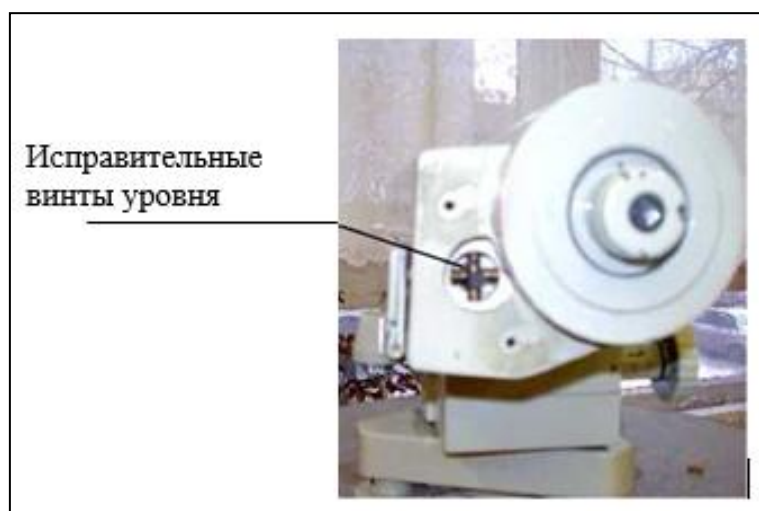


Рисунок 6.10 - Исправительные винты цилиндрического уровня

При исправлении постепенно один винт вращают на ввинчивание, а другой – на вывинчивание. Юстировку выполняют методом приближений.

Для второй части проверки на расстоянии 50 м друг от друга забивают два колышка и определяют превышение между ними с двух станций. Первый раз нивелир устанавливают за первым колышком на расстоянии 5-10 м от него, второй раз - на таком же расстоянии за другим колышком (рис. 6.11).

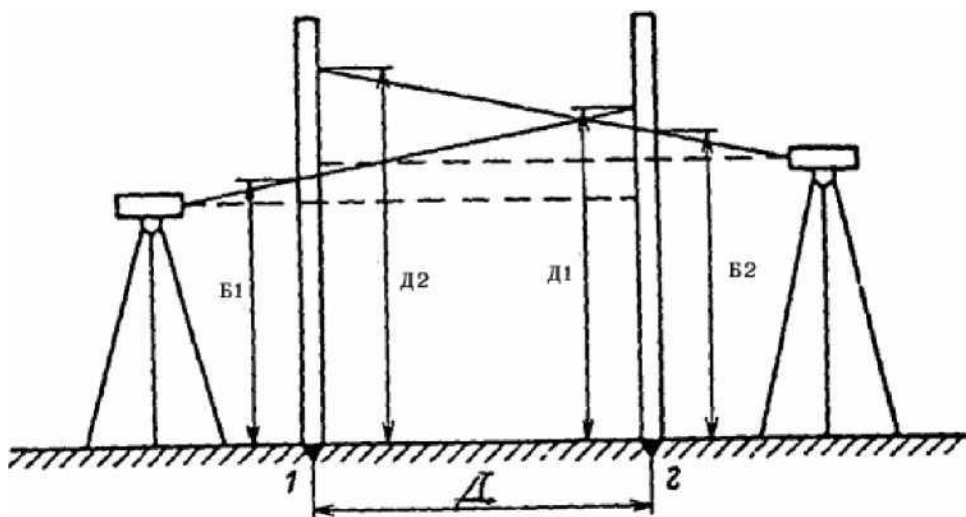


Рисунок 6.11 - Определение угла i

На первой станции сначала производят отсчёты с использованием оптического микрометра по основной и дополнительной шкалам ближней рейки и затем, изменив фокусировку трубы, - отсчёты по дальней рейке. На второй станции сначала без изменения фокусировки снимают отсчёты по дальней рейке, а затем, снова изменив фокусировку, - по ближней рейке. Результаты снятия и обработки отсчетов представлены в таблице 6.4.

Обозначив отсчёты по ближним рейкам B_1 и B_2 , по дальним рейкам D_1 и D_2 , получим следующие формулы для определения угла i :

$$x = (B_1 + B_2)/2 - (D_1 + D_2)/2 \text{ (мм/2)}$$

$$i'' = x\rho''/d$$

где $\rho'' = 206265''$, d - расстояние между рейками (в полумиллиметрах).

Всего делают два таких приёма.

Расхождения между значениями угла i , полученные из разных полуприёмов, не должны превышать $3''$.

Таблица 6.4 - Обработки отсчетов

N полуприема	номер костыля*	отсчеты по рейкам, деления барабана		x в полумм	i''
		Б	Д		
1 осн.шк.	1	28,605 (1)	34,873 (3)	-5,4	-11,1
	2	29,784 (7)	23,408 (5)		
	Среднее	29,194	29,140		
2 доп.шк.	1	87,852 (2)	94,120 (4)	-5,5	-11,3
	2	89,038 (8)	82,660 (6)		
	Среднее	88,445	88,390		
3 осн.шк.	2	28,002	34,288	-4,3	-8,9
	1	29,334	22,962		

	Среднее	28,668	28,625		
4 доп.шк.	2	87,253	93,540	-4,9	-10,1
	1	88,597	82,212		
	Среднее	87,925	87,876		
* Номер костыля, ближайшего к точке стояния			ср.	-5,0	-10,3

Если среднее значение угла больше $10''$, то производят его исправление. Для этого при помощи элевационного винта устанавливают биссектор на отсчет по дальней рейке, равный:

$$D' = D + x_{\text{ср.}}$$

Изображения концов цилиндрического уровня разойдутся. Вертикальными исправительными винтами уровня совмещают концы пузырька уровня, следя за тем, чтобы отсчет по рейке оставался равным D' . В случае, если исправительными винтами уровня не удастся сделать угол i меньше $10''$, его исправляют перемещением сетки нитей при помощи вертикальных исправительных винтов сетки. Это делается в мастерской.

Исправление угла i у Н-05 можно также производить вращением защитного стекла, находящегося перед объективом зрительной трубы. Защитное стекло выполнено в виде оптического клина с небольшим углом преломления (рис. 6.12).



Рисунок 6.2 - Защитное стекло объектива:

1 - оптический клин; 2 - стопорный винт

Для того, чтобы уменьшить угол i , открепляют стопорный винт и вращают защитное стекло вокруг оси до тех пор, пока отсчет по рейке не станет равным D' , при этом следят, чтобы уровень не отклонился от среднего положения. Первую часть поверки выполняют перед выездом в поле, вторую часть - каждый день практики, перед выполнением нивелирных работ.

Поверка 7. Исследование работы механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластину и определение цены деления отсчетного барабана.

Нивелирование первого и второго классов выполняют с помощью штриховых инварных реек с ценой деления 5 мм. Штрихи, как правило, нанесены на металлической ленте, выполненной из инвара (сплава, практически не чувствительного к изменениям температуры).

Точность отсчитывания по рейке повышают за счет использования зрительных труб с увеличением порядка $(40 - 45)^x$ и применения оптического микрометра. В качестве подвижного оптического элемента микрометра наибольшее распространение в нивелирах получила плоскопараллельная пластинка, позволяющая смещать визирный луч параллельно самому себе в вертикальной плоскости. Плоскопараллельная пластинка изменяет свое положение при вращении барабанчика отсчетного микрометра.

Отсчет по инварной рейке берется следующим образом: вращением головки барабанчика микрометра добиваются смещения изображения горизонтальной нити сетки с ближайшим горизонтальным штрихом на рейке. Полный отсчет состоит из отсчета по рейке и отсчета по барабанчику микрометра.

Установлены жёсткие допуски на отличие цены деления отсчётного барабана от номинала и различие цены деления на отдельных частях барабана. Средняя цена деления барабана не должна отличаться от номинала более чем на 0,0025 мм.

Для того, чтобы установить, изменяется ли цена деления отсчётного барабана при различных расстояниях между нивелиром и рейкой, необходимо иметь шкалу с 8-10 подписанными штрихами толщиной в 1 мм, длиной 10 мм и расстоянием между осями штрихов 4 мм. Шкалу компарируют при помощи контрольной линейки ошибкой определения расстояний между осями смежных штрихов не больше 0,05 мм. Для компарирования на шкалу, перпендикулярно ее штрихам, укладывается контрольная линейка, и с ее помощью снимаются отсчеты по левому и правому краю каждого штриха шкалы. Затем находится среднее значение для каждого штриха, определяющее положение его оси.

Исследования шкалы барабанчика микрометра выполняются на ровном участке местности при расстояниях между нивелиром и рейкой 30 и 50 м. Исследования желательно проводить при облачной или пасмурной погоде, при слабом ветре и спокойных или слегка колеблющихся изображениях. Нивелир устанавливают так, чтобы визирный луч проходил примерно посередине шкалы, прикреплённой к рейке. Рейка должна быть установлена в рейкодержателе или прислонена к стене здания.

Определяют величину смещения визирного луча в делениях отсчётного барабана, соответствующего четырёхмиллиметровому интервалу шкалы. Один прием состоит из прямого и обратного хода. В прямом ходе при тщательно совмещенных изображениях концов пузырька уровня движением барабана по ходу часовой стрелки наводят биссектор сетки нитей по очереди на два смежных штриха шкалы. Записывают их номера и отсчеты по барабану до десятых долей делений. В обратном ходе барабан вращают против хода часовой стрелки и наблюдают те же штрихи, но в обратном порядке.

На каждом расстоянии делают по 8 приёмов. Перед началом наблюдений и в конце 8-го приема измеряют температуру воздуха. Через каждые два приёма смещают шкалу или изменяют высоту нивелира, чтобы в поле зрения трубы попала следующая пара смежных штрихов шкалы. Цену деления отсчётного барабана вычисляют по формуле:

$$c = \delta / a$$

где a - интервал между штрихами шкалы в делениях барабана;

δ - интервал между штрихами шкалы по результатам компарирования.

В таблице 6.5 приведен пример определения цены деления отсчетного барабана.

Таблица 6.5 - Определение цены деления отсчётного барабана на расстоянии 50 м

Нивелир № 00127, t (нач)=26, t (кон)=27							
Номер приёма	Номер штриха	Отсчёты по барабану			Инте	рвал	Цена
		при ввинчивании	при вывинчивании	среднее	Дел	мм	
1	5	1,1	1,2	1,15	79,80	4,01	0,0503
	6	81,4	80,5	80,95			
2	5	1,6	1,4	1,50	78,95	4,01	0,0508
	6	79,8	81,1	80,45			
3	6	14,5	15,2	14,85	80,25	4,09	0,0510
	7	96,0	94,2	95,10			
4	6	16,0	15,6	15,80	79,30	4,09	0,0516
	7	95,4	94,8	95,10			
5	7	5,1	6,0	5,55	79,60	3,91	0,0491
	8	86,4	83,9	85,15			
6	7	5,4	5,2	5,30	79,15	3,91	0,0494
	8	85,1	83,8	84,45			
7	8	0,5	0,5	0,50	80,70	4,05	0,0502
	9	80,8	81,6	81,20			
8	8	0,0	0,1	0,05	81,35	4,05	0,0498
	9	80,4	82,4	81,40			
Среднее							0,0503
Отклонение среднего значения от номинального составляет: 0,0503-0,0500=0,0003, что не превышает допустимого значения расхождения 0,0025							

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные части нивелира Н-05
2. Назвать условия поверок нивелира Н-05
3. В каждой поверке назвать допуски
4. Рассказать ход выполнения поверки
5. Рассказать способы юстировки каждой поверки
6. По измеренным значениям определить значение ошибки

Практическая работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОВЕРКИ НИВЕЛИРНЫХ ИНВАРНЫХ РЕЕК.

Количество часов: 8 часов.

Цели: Определение пригодности реек для производства нивелирования II класса.

Теоретическая часть: **Общие сведения о нивелирных рейках.**

При выполнении геометрического нивелирования в качестве рабочей меры используются нивелирные рейки.

В соответствии с точностью выполнения нивелирных работ они подразделяются на классы:

- 1) высокоточные;
- 2) точные;
- 3) технические.

В настоящее время согласно ГОСТу 11158-83 для нивелирования I и II классов применяют рейки трех типов: РН-05 (высокоточные), РН-3 (точные), РН-10 (технические). Широкий спектр реек представлен также и зарубежными заводами-изготовителями.

Для повышения точности измерений в высокоточных рейках используются инварные ленты, закрепленные на рейке с постоянным натяжением. Кроме того, высокоточные и точные рейки снабжены круглыми уровнями для точной их установки в отвесное положение во время измерений.

Рейка РН-05 (рис. 7.1) имеет деревянный корпус, изготовленный из хорошо выдержанного, пропитанного маслом и покрытого краской дерева, и шкалу, нанесенную на инварной ленте. Корпус деревянной рейки имеет длину 3060 мм, ширину 85 мм, наибольшую толщину - 40 мм.

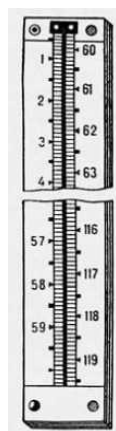


Рисунок 7.1 - Инварная рейка РН-05;

На скошенной середине, лицевой грани корпуса вырезан продольный паз глубиной 6-8 мм, в котором находится инварная лента. На инварной ленте нанесены штрихи с интервалом 5 мм. Длина

инварной ленты 3000 мм, ширина - 25 мм и толщина - 0,6 мм. Нижний конец ленты наглухо скреплён со стальным наконечником корпуса рейки (пяткой), верхний скреплён со стальным рычагом; к другому концу рычага прикреплена стальная пружина, крепко связанная с корпусом рейки. Пружина сообщает ленте натяжение в 20 кг. Натяжение проверяют при помощи динамометра и регулируют при помощи специальных гаек.

На инварной ленте рейки НР-05 нанесены две шкалы штрихов - основная и дополнительная. Толщина штрихов 1 мм, оси штрихов отстоят друг от друга на 5 мм. Дополнительная шкала смещена относительно основной на 2,5 мм. Нумерация штрихов основной шкалы рейки РН-05 от 0 до 60, дополнительной от 60 до 119. Нижняя плоскость пятки совпадает с нулевым штрихом основной шкалы.

Рейка снабжена круглым уровнем с ценой деления около 10' на 2 мм и откидными ручками.

Импортные инварные рейки делятся на рейки с интервалом между осями штрихов 5 мм, с интервалом 10 мм и с электронно-цифровой шкалой. Каждый из видов реек предназначен для работы с определенным типом нивелиров.

Порядок выполнения работы:

Проверка 1. Осмотр реек

При осмотре реек особое внимание обращают на качество окраски штрихов и оцифровки реек, а также на равномерность и чистоту красочных покрытий. На инварной полосе не должно быть пятен, царапин и отслаивания краски. Следует проверить крепление ручек, круглого уровня и пяток реек. Между корпусом и пяткой рейки не должно быть щелей.

Проверка 2. Определение разности высот нулей шкал инварных реек

В 15 м от нивелира забивают три колышка. На каждом колышке проводят следующие действия: ставят сначала одну рейку и делают по три отсчёта по основной и дополнительной шкалам, затем те же действия проводят со второй рейкой. Результат измерений и их обработки приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Определение разности высот нулей шкал инвариных реек

№ костыля	Отчеты по рейкам						Разность высот	
	№5615			№5616			осн. шк.	доп. шк.
	осн. шк	доп. шк	разность	осн. Шк	доп. шк	разность		
1	27,153	86,404	59,252	27,153	86,401	59,248	+1	+5
	4	5		2	0			
	3	5		2	0			
Сред.	27,153	86,405		27,152	86,400			
2	30,021	89,273	59,251	30,021	89,269	59,249	0	+2
	2	3		1	70			
	1	0		0	70			
Сред.	30,021	89,272		30,021	89,270			
3	29,285	88,536	59,251	29,282	88,530	59,248	+2	+5
	6	7		4	1			
	4	6		4	2			
Сред.	29,285	88,536		29,283	88,531			
Сред.	59,251			59,248			+1	+4
Второй и третий приемы не приводятся								
Сред. из 3-х			59,251			59,249	+1	+3
Средняя разность высот			Барабана				+2 дел.	= 0.10 мм

Когда рейки побывают на всех трёх костылях, все действия составят один приём. Всего необходимо сделать три приёма. Между приёмами требуется изменять положение нивелира по высоте на 3-5 см.

Если число станций в нивелирном ходе чётное, то превышение по нивелирному ходу не искажается. Если число станций нечётное, то за разность высот нулей реек приходится вводить в превышение поправку.

Рассмотрим, каким образом следует вводить эту поправку.

Пусть рейки имеют номера i и j . Обозначим через (i) и (j) отсчёты по этим рейкам, а через $(i)_0$ и $(j)_0$ - отсчёты по этим рейкам при постановке их на один и тот же костыль (рис.7.2).

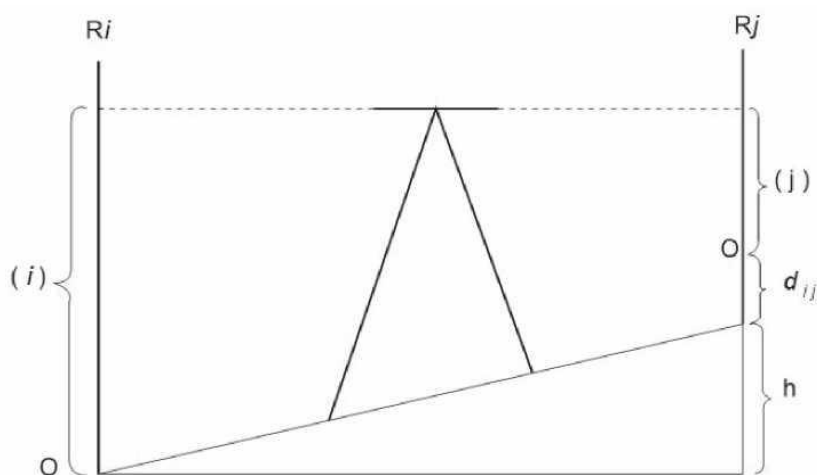


Рисунок 7.2 - Влияние на превышение разности нулей реек

Тогда разность нулей этих реек

$$d_{ij} = (i)_0 - (j)_0$$

Пусть i - задняя рейка, j - передняя. В этом случае

$$h = (i) - (j) - d_j$$

Этой формулой и следует пользоваться при введении поправок в превышения за разность высот нулей шкал реек.

Поверка 3. Исследование перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и совпадения плоскости пятки с нулем основной шкалы

В 15 м от нивелира забивают три колышка. На каждом колышке поочерёдно устанавливают рейку центром пятки, её передним, задним, левым и правым краями. Эти точки на пятке рейки указаны на рисунке 7.3. При каждой установке рейки делают по три отсчёта по основной шкале. Средние значения отсчётов при каждом положении рейки обозначаются соответственно через a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 . Все эти действия, при которых рейка побывает на всех трёх колышках, составляют один приём. Для каждой рейки полагается делать по два приёма.

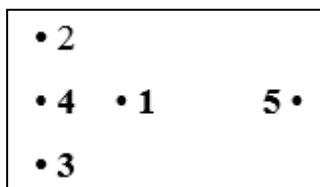


Рисунок 7.3 - Расположение точек установки рейки

Средние значения разностей должны быть меньше 0,1 мм. Если разности превышают этот предел, то необходимо пользоваться подпятником.

Исследование совпадения плоскости пятки с нулём основной шкалы производят путём простого измерения контрольной линейкой расстояния от плоскости пятки рейки до оси нулевого штриха основной шкалы рейки. Пример поверки перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки приведен в таблицах 7.2 и 7.3.

Таблица 7.2 - Проверка перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и совпадения плоскости пятки с нулем основной шкалы

№ приема	№ костыля	№ штриха рейки	Отчеты по барабану				
			центр пятки	передним краем	задним краем	левым краем	правым краем
			a1	a2	a3	a4	a5
1	1	26,0	8,3	6,3	6,0	6,5	19,2
			8,1	6,8	5,8	6,3	18,4
			8,6	5,9	5,7	6,2	18,6
		сред.	8,3	6,3	5,8	6,3	18,7
	2	25,5	65,0	58,8	60,1	58,7	55,6
			66,2	57,9	61,2	59,1	54,9
			64,4	58,2	60,4	58,5	55,2
		сред.	65,2	58,3	60,6	58,8	55,2
	3	36	23,2	28,8	34,2	22,0	23,0
			23,8	29,1	34,0	22,1	23,8
			23,1	28,7	33,8	22,0	23,7
		сред.	23,4	28,9	34,0	22,0	23,5

Второй прием не приводится.

Таблица 7.3 - Вычисление средних из приёмов

№ приёма	№ костыля	Разность (в делениях барабана)			
		a1-a2	a1-a3	a1-a4	a1-a5
i	1	+2,0	+2,5	+2,0	-10,4
	2	+6,9	+4,6	+6,4	+10,0
	3	-5,5	-9,6	+1,4	-0,1
2	1	+6,2	+1,5	+4,7	+6,8
	2	-4,0	+1,3	+0,5	+3,4
	3	+2,1	-0,7	+1,8	-3,8
Сред		+1,3	+0,9	+2,8	+1,0
Сред, мм		+0,06	+0,04	+0,14	+0,05

Вывод: без подпятника рейкой пользоваться нельзя, т.к. $a_1 - a_4 > 0,1$ мм .

Проверка 4. Определение прогиба рейки

Рейка должна быть уложена в горизонтальное положение на боковое ребро. Между нижним и верхним концами рейки натягивается нить. При помощи обычной линейки измеряют расстояния a_1 (по левому краю), a_2 (по центру) и a_3 (по правому краю) от нити до инварной полосы (рис.7.4)

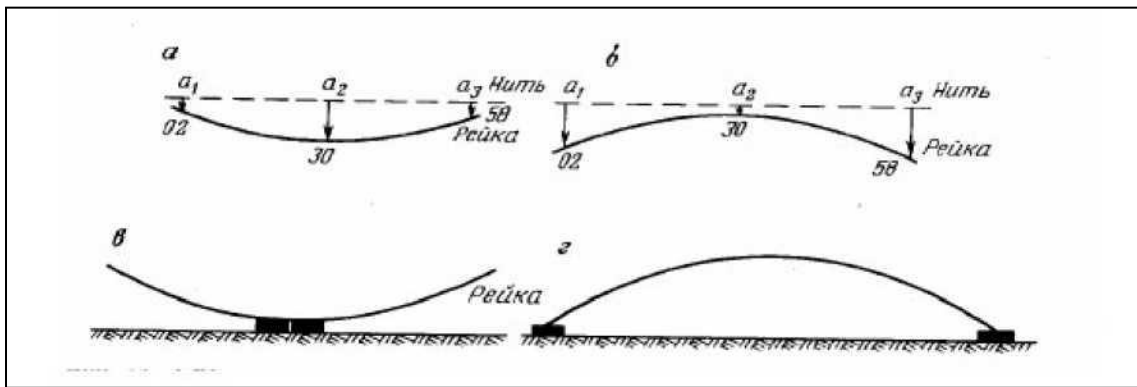


Рисунок 7.4 - определение прогиба рейки; в,г - расположение рейки на упорах.

Прогиб рейки определяется по формуле:

$$Aa = a_2$$

$$a_1 + a_3 \cdot 2$$

Допустимая величина прогиба 5 мм.

Если во время работы прогиб стал больше, чем 5 мм, то в перерывах работы рейку надо укладывать на упоры, как показано на рисунке 17 в,г.

Пример определения прогиба рейки приведен в таблице 7.4.

Таблица 7.4 - Определение прогиба рейки

а ₁ мм	а ₂ мм	а ₃ мм	Прогиб мм
6	7	6	1
6	6	7	-0,5
5	6	7	0

Проверка 5. Контрольное определение длины метровых интервалов шкал рейки

Погрешности метровых интервалов и всей шкалы у инварных реек, предназначенных для нивелирования 1 класса, не должны превышать 0,10 мм. При нивелировании 2 класса погрешности не должны превышать 0,20 мм. В случае превышения допустимого отклонения в измеренные превышения вводятся поправки.

Данное исследование выполняется перед началом и после окончания полевых работ. Исследуются метровые интервалы 10 - 30, 30 - 50, 70 - 90 и 90 - 110 основной и дополнительной шкал инварной рейки в прямом и обратном направлениях с помощью контрольной линейки. Каждый исследуемый интервал измеряется дважды по левому и правому краю штрихов начала и конца интервала (рис. 7.5).



Рисунок 7.5 - Определение погрешности метровых интервалов с помощью нормальной линейки:

$$Л1=0,03 * 2 = 0,06 \text{ мм}, П1=1000,14 \text{ мм};$$

$$Л2=1.03 * 2 = 1,06 \text{ мм}; П2=1001,14 \text{ мм}$$

Для проведения исследования рейку укладывают на упоры. Упоры должны находиться под делениями 12 и 48.

Метровые интервалы 10-30, 30-50 основной шкалы и 70-90 и 90-110 дополнительной шкалы измеряют в прямом и обратном направлениях. Перед обратным ходом контрольную линейку поворачивают на 180 градусов. Отсчёты производят по двум краям штрихов два раза. Перед вторым измерением каждого интервала линейку немного сдвигают.

П-Л не должны отличаться друг от друга больше, чем на 0,1 мм, иначе измерения необходимо повторить, сдвинув контрольную линейку еще раз.

Перед измерением какого-либо интервала с помощью термометра на контрольной линейке измеряется температура воздуха. Вычисляют среднее из 4-х значений П-Л и вносят поправку за длину и температуру контрольной линейки, получая таким образом длину метрового интервала.

Длины одних и тех же метровых интервалов, полученные в прямом и обратном ходах, не должны различаться более чем на 0,05 мм. Если расхождения больше допустимых, измерения повторяют, из полученных результатов берут среднее. Грубые отсчёты исключаются. Пример контрольного определения длин метровых интервалов шкал рейки приведен в таблице 7.5.

Описанный способ измерения метровых интервалов шкал рейки применяется для контроля в период работы в поле. Более точно длины метровых интервалов определяются на компараторе. Именно по результатам этих измерений в результаты нивелирования I и II класса вносится поправка за среднюю длину метрового интервала.

Таблица 7.5 - Контрольное определение длин метровых интервалов шкал рейки.

Рейка №2843							
Контрольная линейка №462				L=1000-0.03+0.018(t-20,7°C), мм			
Основная шкала							
Интервалы рейки	t, °C	Отсчеты по линейке, мм		П - Л, мм	Среднее (П - Л), мм	Поправка за длину и температуру линейки, мм	Длина интервала, мм
		Л	П				
10 - 30	+22,0	0,06	1000,14	1000,08			
		1,06	1001,10	1000,04			
		0,22	1000,24	1000,02			
		1,26	1001,28	1000,02	1000,04	+0,02	1000,06
30 - 50	+22,0	0,10	1000,12	1000,02			
		1,14	1001,16	1000,02			
		0,26	1000,30	1000,04			
		1,24	1001,28	1000,04	1000,03	+0,02	1000,05
50 - 30	+22,1	0,46	1000,50	1000,04			
		1,50	1001,58	1000,08			
		0,80	1000,80	1000,00			
		1,82	1001,86	1000,04	1000,04	+0,02	1000,06
30 - 10	+22,1	0,58	1000,60	1000,02			
		1,60	1001,60	1000,02			
		0,76	1000,78	1000,00			
		1,78	1001,80	1000,02	1000,02	+0,02	1000,04
Длины метровых интервалов, мм:							
10-30		1000,05					
30-50		1000,06					

Поверка 6. Исследование правильности нанесения дециметровых делений шкал рейки

Данная поверка обычно выполняется в лабораторных условиях перед началом полевых работ. Поверку выполняют путём измерения длин дециметровых интервалов контрольной линейкой. Измерение дециметровых интервалов производят по частям: сначала на делениях 02-10, затем 10-30, 30-50 и, наконец, 50-58 основной шкалы и 60-70, 70-90, 90-110, 110-118 дополнительной шкалы. Отсчёты производят по обоим краям штрихов. В прямом ходе отсчёты производят по левым краям штрихов (Л), в обратном - по правым (П). Разности отсчётов по левому и правому краям (П-Л) на исследуемом интервале рейки не должны различаться между собой более чем на 0,2 мм. Если расхождение больше, все измерения в данном метре повторяют, из полученных результатов берут средние, исключая грубые отсчёты.

Перед началом и в конце измерений каждого метрового интервала отсчитывают температуру контрольной линейки. Погрешности дециметровых делений при выполнении нивелирования II класса не должны превышать 0,1 мм. Пример исследования дециметровых интервалов шкал инварной рейки приведен в таблице 7.6.

Таблица 7.6 - Пример исследования дециметровых интервалов шкал инварной рейки

Основная шкала								
Контрольная линейка №462					L=1000-0.03+0.018(t-20,7°C), мм			
№ деления	Л	П	(Л+П)/2	П-Л	Среднее, приведенное к нач	At, 0,01 мм	Исправленная длина, мм	Ошибка дециметрового деления, мм
I _{нач} +25,0°C I _{кон} .-+25,2°C								
2	0 (1)	1,10(10)	0,55	1,10	00,00	0	00,00	0,00
4	100,02 (2)	101,12 (9)	100,57	1,10	100,02	0	100,02	+0,02
6	199,96(3)	201,08(8)	200,52	1,12	199,97	+1	199,98	-0,02
8	300,64(4)	301,16(7)	300,61	1,10	300,06	+2	300,08	+0,08
10	400,00(5)	401,12(6)	400,56	1,12	400,01	+2	400,03	+0,03
I _{нач} +25,2°C I _{кон} .-+25,2°C								
10	00,04	01,14	00,59	1,10	00,00	0	00,00	0,00
12	100,08	101,14	100,61	1,06	100,02	+1	100,03	+0,03
14	200,06	201,12	200,59	1,06	200,00	+1	200,01	+0,01
16	300,00	301,10	300,55	1,10	299,96	+2	299,98	-0,02
18	400,00	400,14	400,57	1,14	399,98	+2	400,00	0,00
20	500,06	500,16	500,61	1,10	500,02	+3	500,05	+0,05
22	599,98	601,08	600,53	1,10	599,94	+3	599,97	-0,03
24	700,00	701,12	700,56	1,12	699,97	+4	700,01	+0,01
26	800,06	801,20	800,63	1,14	800,04	+4	800,08	+0,08
28	900,02	901,10	900,56	1,08	899,97	+5	900,02	+0,02
30	1000,06	1001,14	1000,60	1,08	1000,01	+5	1000,06	+0,06

Чтобы определить поправку At за приведенные длины интервала контрольной линейки К к температуре компарирования рейки, нужно длину исследуемого интервала в метрах умножить на AL, где AL определяется из уравнения контрольной линейки:

$$L=1000+ AL$$

В нашем примере уравнение контрольной линейки:

$$L=1000 - 0.03 + 0.018(t - 20,7^\circ\text{C}),$$

поэтому в нашем случае

$$At = K [-0.03 + 0.018 (t - 20,7^\circ\text{C})].$$

Для интервала 100 мм K=0,1; для интервала 200 мм K=0.2 и т.д.

Поверка 7. Поверка правильности установки круглого уровня на рейке

Эта поверка выполняется ежедневно перед началом работ. Выполнение данной поверки производится в следующей последовательности:

- 1) нивелир приводят в рабочее положение и наводят вертикальную нить сетки на ребро рейки, установленной на расстоянии около 40 м;
- 2) исправительными винтами круглого уровня рейки приводят пузырек в нуль-пункт;
- 3) поворачивают рейку на 90° и повторяют юстировку уровня в случае его

отклонения более чем на 0.2 его деления;

4) при повторном повороте рейки в первоначальное положение контролируют положение пузырька уровня и, если есть необходимость, повторно его юстируют.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные части инварных реек
2. Назвать условия поверок инварных реек
3. В каждой поверке назвать допуски
4. Рассказать ход выполнения поверки
5. Рассказать способы юстировки каждой поверки
6. По измеренным значениям определить значение ошибки

Практическая работа № 8

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ II КЛАССОВ

Количество часов: 10 часов.

Цели: Обработка результатов нивелирования II класса в журнале с контролем, в соответствии с методикой наблюдений, и описанием работы на станции при нивелировании II класса с учётом технических допусков и контролей наблюдений

Теоретическая часть: Обработка нивелирования II класса

Последовательность наблюдений на станции нивелирами с уровнем следующая:

1. Направляют трубу в сторону той рейки, которая на данной станции наблюдается первой, и тщательно приводят пузырьки установочных уровней на середину.

2. Наводят трубу на основную шкалу той рейки, которая должна наблюдаться первой; ставят барабан на отсчёт 50; вращением элевационного винта приближённо совмещают изображения концов пузырька уровня; делают дальномерные отсчёты по верхней и нижней нитям [(1), (2)].

3. Вращением элевационного винта точно совмещают изображения концов пузырька уровня; вращением барабана точно наводят биссектор на ближайший штрих основной шкалы; делают отсчёты по рейке и барабану (до целых делений его шкалы) [(3), (4)].

4. Наводят трубу на основную шкалу второй рейки; выполняют действия из пунктов 2 и 3 [(5), (6), (7), (8)];

5. Наводят трубу наводящим винтов на дополнительную шкалу второй рейки; совмещают уровень поворотом элевационного винта на четверть оборота; снова точно совмещают вращением элевационного винта концов пузырька уровня и выполняют остальные действия, перечисленные в пункте 3 [(9), (10)].

6. Наводят трубу на дополнительную шкалу первой рейки и действуют согласно пункту 3 [(11), (12)].

Отсчёт по рейке начинают снимать после полного успокоения пузырька цилиндрического уровня и не ранее чем через полминуты после установки рейки на костыле.

Контроль нивелирования по секции между смежными реперами и по участку между фундаментальными реперами заключается в следующем:

1. После выполнения нивелирования по секциям в прямом и обратном направлениях сравнивают между собой два значения превышения; расхождение между этими значениями не должно быть более $5 \text{ мм} \sqrt{L}$, если среднее число станций на 1 км хода меньше 15 (первый случай) и $6 \text{ мм} \sqrt{L}$ - когда среднее число станций на 1 км хода больше 15, а также при нивелировании в труднопроходимом районе (второй случай).

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции повторяют в одном из направлений.

Явно неудовлетворительное значение превышения исключают. Оставшиеся два значения принимают в обработку, если они не расходятся между собой больше указанных допусков и получены из нивелирования в противоположных направлениях.

В обработку включают все три значения превышения тогда, когда первоначальные не расходятся между собой более чем на $8 \text{ мм} \sqrt{L}$ для первого случая и $10 \text{ мм} \sqrt{L}$ - для второго случая, а повторное значение не отличается от каждого из первоначальных более чем на $6 \text{ мм} \sqrt{L}$.

При окончательной обработке сначала осредняют значения превышения из ходов одного направления, а затем - из ходов прямого и обратного направлений.

Если первоначальные и повторные значения превышения не удовлетворяют перечисленным требованиям, то первоначальные исключают и выполняют еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении.

2. После выполнения нивелирования по участку между фундаментальными реперами сравнивают значения превышения, получившиеся из нивелирования в прямом и обратном направлениях. Нормальное расхождение между этими значениями не должно быть больше $5 \text{ мм} \sqrt{L}$ для первого случая и $6 \text{ мм} \sqrt{L}$ - для второго.

Порядок выполнения работы:

На каждой станции подсчитывают значение превышения по наблюдениям основных и дополнительных шкал реек 3 [(13), (14), (15), (16), (17), (18)]. При вычислении превышений (15) и (18) нужно производить внимательно, поскольку, если отсчеты по рейке и барабану имеют одинаковые знаки, то их значения складываются, а если разные - вычитаются. Расхождения между превышениями [(15) - (18)] и разность высот нулей реек [(25) - (26)], вычисленная и полученная из исследований, не должна быть более 0,7 мм (19). Если расхождение получилось более допустимого, то все наблюдения на станции переделывают, предварительно изменив положение нивелира по высоте не менее чем на три сантиметра.

Значения длины плеч (расстояние от станции до рейки) вычисляется для задней рейки: (21) - (1) - (2); для передней: (22) - (5) - (6). Для контроля записывается грубое значение превышения (24), вычисленное как среднее значение между разностями (1) - (5) и (2) - (6). Записывается разность плеч и

ее накопление (23). Фиксируют также накопление погрешности определения превышений по основной и дополнительной шкалам (20).

Для контроля после последнего измерения в секции считают суммарные значения длин плеч и отсчетов по рейке и барабану. Исходя из этих суммарных значений вычисляют общее превышение по основной (37) и дополнительной (38) шкалам реек. Записывают среднее превышение в полудециметрах и переводят его в миллиметры, вносят поправку за среднюю длину метра реек. Результатом вычислений в журнале нивелирования II класса является значение превышения между 1-м и последним пунктами в секции и по всему нивелирному ходу, который может состоять из нескольких секций.

В ходе учебной практики может выполняться как нивелирование между двумя твердыми пунктами (реперами) с известными координатами, так и нивелирование по замкнутому ходу. В первом случае невязка хода вычисляется как разность значений превышений, вычисленных по имеющимся координатам и полученных в результате измерений. Во втором случае сумма всех превышений должна быть равна нулю, поэтому полученное суммарное превышение и даст невязку хода. Невязка хода как в первом, так и во втором случае должна быть не более $5A/L$ (мм), где L - длина хода в км.

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции повторяют в одном из направлений. Явно неудовлетворительное значение превышения исключают. Оставшиеся два значения принимают в обработку, если они не расходятся между собой больше указанных допусков и получены из нивелирования в противоположных направлениях.

При окончательной обработке сначала усредняют значения превышения из ходов одного направления, а затем - из ходов прямого и обратного направлений. Если первоначальные и повторные значения превышения не удовлетворяют перечисленным требованиям, то первоначальные исключают и выполняют еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении. На линиях I и II класса обязательны рекогносцировка и исследование местности. При рекогносцировке ищут оптимальные варианты линий и узлов связи, намечают места закладки реперов, а также собирают сведения необходимые для организации дальнейших работ. Рекогносцировка начинается с обследования состояния исходного репера и продолжается по направлению намеченной линии. Места для закладки новых реперов отмечают на карте. Образец записи в журнале нивелирования II класса и пример расчета средних превышений по секциям приведен в таблицах 8.1 и 8.2.

В скобках показан порядок действий при снятии отсчетов.

Измеренное превышение: $h' = -9496,1$ мм

Поправки за среднюю длину метра реек: $5h = -0,01$

Исправленное превышение: $h = -9496,2$ мм

Таблица 8.1 - Журнал нивелирования II класса

Образец записи в журнале нивелирования II класса									
№	Привязка/ температура	Отсчет по дальномерным нитям		Отсчеты по биссектору нитей				Контроль	
				Основная шкала		Дополнительная шкала			
		З	П	Р	Б	Р	Б		
1	Марка 6187 $t=+17,3^{\circ}\text{C}$	1910(1)	2840(5)	з	19,8(3)	58(4)	79,0(11)	102(12)	59,244(25)
		2050(2)	2980(6)	п	29,1(7)	58(8)	88,4(9)	8(10)	59,250(26)
		140(21)	140(22)	з-п	-9,3(13)	0(14)	-9,4	+94(17)	

		-9,30(24)	0/0(23)	и	-9,300(15)		-9,306(18)		+6(19)
									+6(20)
2		2435(5)	2380(1)	з	28,5(7)	40(8)	87,7(9)	88(10)	59,248(26)
		3260(6)	3215(2)	п	28,0(3)	95(4)	87,3(11)	47(12)	59,252(25)
		825(21)	835(22)	з-п	+0,5(13)	-55(14)	+0,4(16)	+41(17)	
		+0,50(24)	-10/-10(23)	и	+0,445(15)		+0,441(18)		+4(19)
									+10(20)
3	t=+17,3°C	2050	4880	з	23,6	27	82,8	86	59,259
		2670	5500	п	51,9	28	111,1	77	59,249
		620	620	з-п	-28,3	-1	-28,3	+9	
		-28,3	0/-10	и	-28,301		-28,291		-10
									0
4		750	4310	з	10,6	66	69,9	16	59,250
		1370	4930	п	46,2	8	105,4	57	59,249
		620	620	з-п	-35,6	+58	-35,5	-41	
		-35,60	0/-10	и	-35,542		-35,541		-1
									-1
5	t=+17,3°C	2560	2505	з	29,7	24	89,9	75	59,251
		3380	3330	п	29,2	40	88,4	93	59,253
		820	825	з-п	+0,5	-16	+0,5	-18	
		+0,52	-5/-15	и	+0,484		+0,482		+2
									+1
6		2602	1945	з	30,2	20	89,4	71	59,251
		3432	2775	п	23,6	93	82,9	42	59,249
		830	830	з-п	+6,6	-73	+6,5	+29	-2
		+6,57	0/-15	и	+6,527		+6,529		-1
7	t=+17,3°C	4480	1830	з	47,7	26	106,9	85	59,259
		5060	2410	п	21,2	35	80,5	0	59,265
		580	580	з-п	+26,5	-9	+26,4	+85	
		+26,50	0/-15	и	+26,491		+26,485		+6
									+5
8		2020	5686	з	21,4	33	80,6	83	59,250
		2270	5934	п	58,1	25	117,3	78	59,253
		250	248	з-п	-36,7	+8	-36,7	+5	
		-36,65	+2/-13	и	-36,692		-36,695		+3
									+8
9	t=+17,3°C	2100	5410	з	21,8	34	81,0	80	59,246
		2260	5550	п	54,8	60	114,1	13	59,253
		160	140	з-п	-33,0	-26	-33,1	+67	+7
		-33,00	+20/+7	и	-33,026		-33,033		+15
10	1(1-10)	1580	5455	з	16,5	57	75,8	8	59,251
		1720	5585	п	55,1	85	114,4	39	59,254
		140	130	з-п	-38,6	-28	-38,6	-31	
		-38,7	+10/+17	и	-38,628		-38,631		+3
									+18
11	Грун. реп 2003 1- +17,3°C	4985(27)	4968(28)		249,8(29)	385(31)	842,0(38)	694(35)	
			+17		397,2(30)	527(32)	989,8(34)	454(36)	+18(20)
					-	-142(40)	-147,8(41)	+240(42)	
					147,542(37)		-147,560(38)		
		1320	5560	з	14,0	43	73,2	91	59,248
		1480	5720	п	56,4	13	115,6	62	59,249
		160	160	з-п	-42,4	+30	-42,4	+29	
		-42,40	0/+17	и	-42,370		-42,371		+1/+19
Подсчет по секции от марки 6187 до грунт. реп. 2003									
		5145(27)	5128(28)	(128)	263,8(29)	428(31)	915,2(33)	785(35)	
			+17		453,6(30)	540(32)	1105,4(34)	516(36)	
					-	-112(40)	-190,2(41)	+269(42)	+19(20)
					-189,912(37)		-189,931(38)		

		1-0,5 км (38)	n-11 шт. (39)		Ср. -189,922 (1/2 дм)	(36)
--	--	---------------	------------------	--	-----------------------	------

Таблица 8.2 - Пример расчета средних превышений по секциям

Превышения, мм				
Станция	Прямой ход	Обратный ход	Разности превышений, мм	Среднее измеренное превышение
1	-9496,5	+9489,9	-6,6	-9,4932
2	+1922,5	-1914,8	+7,7	+1,9186
3	-1107,6	+1107,4	-0,2	-1,1075
4	-308,6	+3806,1	+3,5	-3,8044

Обработку результатов измерений можно производить в различных прикладных программах. Одним из вариантов обработки результатов является использование программы Credo DAT. Для того, чтобы произвести обработку нивелирного хода, нужно знать (хотя бы с невысокой точностью) плановое положение пунктов.

Контрольные вопросы:

1. Вычисление на каждой станции превышения по наблюдениям основных и дополнительных шкал реек.
2. Вычисление значения длины плеч для задней рейки.
3. Расчет контроля после последнего измерения в секции.
4. Где производят обработку результатов измерений.

Практическая работа № 9

СОЗДАНИЕ И ОБРАБОТКА СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Количество часов: 10 часов.

Цели: приобретения практических навыков проектирования, реализации и обработки сетей специального назначения, используемых в различных областях геодезической практики, включая строительство, кадастровые работы, мониторинг деформаций сооружений и природные исследования.

Задачи работы

1. Изучение методики выбора точек сети и способов закрепления пунктов.
2. Ознакомление с методами полевых измерений и приёмами повышения точности наблюдений.
3. Освоение алгоритмов первичной обработки результатов измерений.
4. Анализ точности полученной сети и выявление факторов, влияющих на точность.
5. Формирование умения документально оформлять полученные результаты.

Порядок выполнения:

1. Проектирование сети

Студенты получают задание спроектировать сеть специального назначения согласно заданному типу объекта (геологические изыскания, строительство инженерных сооружений, мониторинг деформаций). Необходимо выбрать оптимальные точки наблюдения, учитывая топографические условия местности и требования заказчика.

- Выбирается схема расположения пунктов (радиальная, полигональная, линейная).
- Определяются классы точности измерения.
- Составляется подробный проект размещения оборудования.

2. Закрепление пунктов

При помощи специальных маркеров студенты фиксируют выбранные пункты сети на местности. Этот этап важен для обеспечения повторяемости наблюдений и сохранения целостности измерительной схемы.

- Установка временных реперов (для краткосрочных исследований).
- Организация постоянных знаков (для долговременных наблюдений).

3. Проведение полевых измерений

Выполняются угловые и линейные измерения, включающие определение координат каждого пункта методом триангуляции, трилатерации или GPS-измерениями. Важно соблюдать правила безопасности и учитывать погодные условия.

- Угловое наблюдение производится теодолитом или электронным тахеометром.
- Линейные измерения выполняются лазерными дальномерами либо специальными лентами.
- GPS-приемники используются для высокоточного позиционирования пунктов.

4. Обработка результатов измерений

Полученные данные обрабатываются вручную и с использованием программного обеспечения. Оцениваются погрешности и точность определённых величин.

- Проверяется наличие грубых ошибок (обнаружение промахов и систематических отклонений).
- Выполняется оценка точности по формулам теории вероятностей.
- Строится карта распределения погрешностей по территории исследования.

Контрольные вопросы:

1. Что такое сети специального назначения в геодезии?
2. Какие основные виды сетей специального назначения существуют в геодезической практике?
3. Какова цель создания специальных геодезических сетей?
4. Чем отличаются специализированные геодезические сети от общегосударственных?
5. Назовите особенности проектирования специализированных геодезических сетей.
6. Перечислите факторы, влияющие на точность создаваемых специализированных сетей.
7. Опишите методику привязки точек специальной сети к государственным сетям.
8. Какие методы используются для обработки измерений в специализированных сетях?
9. Дайте определение понятия «геодезический мониторинг».

10. Объясните понятие «точностные характеристики специализированной сети».
11. Приведите пример построения сети специального назначения для строительства крупного промышленного объекта.
12. Какие инструменты и приборы применяются при построении специализированных сетей?
13. Охарактеризуйте порядок вычисления координат пунктов специально созданных сетей.
14. Рассчитайте среднюю квадратичную ошибку измерения сторон в специализированной сети при заданных исходных данных.
15. Изложите алгоритм проверки качества полученных результатов измерений.
16. Представьте схему распределения высотных отметок в конкретной ситуации проектируемого моста.
17. Как осуществляется контроль точности топографических съемок на территории специфических объектов?
18. Перечислите способы устранения ошибок при измерениях в специализированных сетях.

Практическая работа № 10

ВЫЧИСЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В РЕДУКЦИЯХ ЗА СВОБОДНЫЙ ВОЗДУХ И БУГЕ

Количество часов: 20 часов.

Цели: Ознакомиться с методикой вычисления гравитационных аномалий и получить представление об их величине в различных регионах и морфоструктурах земного шара

Теоретическая часть:

Гравитационной аномалией силы тяжести называется разность между измеренными g и нормальными γ значениями силы тяжести в данной точке, расположенной или на физической поверхности Земли, или ниже (выше):

$$\Delta g = g - \gamma . \quad (10.1)$$

В гравиметрии широкое распространение получили аномалии в свободном воздухе и Буге:

$$\Delta g_{\text{св.в.}} = g - (\gamma_0 + \delta g_1) \quad (10.2)$$

$$\Delta g_{\text{Б}} = g - (\gamma_0 + \delta g_1 + \delta g_2) \quad (10.3)$$

где δg_1 – поправка за высоту точки H_γ над уровнем моря, в мГал:

$$\delta g_1 = -0,30855 (1+0,00071 \cos 2B) H_\gamma \quad (10.4)$$

H_γ – нормальная высота точки, м;

γ_0 – нормальное значение силы тяжести на поверхности эллипсоида

$$\gamma_0 = 978030 (1 + 5,302 \cdot 10^{-3} \sin^2 B - 7 \cdot 10^{-6} \sin^2 2B) - 10 \text{ мГал}, \quad (10.5)$$

где B – геодезическая широта места наблюдения.

Значения γ_0 , уменьшенные на 14 мГал, можно выбрать из прил. № 2.

В формуле (3) δg_2 – поправка, учитывающая влияние масс, заключенных между уровнем точки наблюдения и поверхностью эллипсоида, представляемых, в равнинных районах, плоскопараллельным слоем толщиной H_γ . В горных районах массы, расположенные между эллипсоидом и физической поверхностью Земли, аппроксимируются промежуточным слоем.

Её значение вычисляется по формуле:

$$\delta g_2 = -2 \pi \bar{\rho} * H_\gamma * 10^5 \text{ (мГал)}, \quad (10.6)$$

где f – гравитационная постоянная, равная; $6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}/(\text{г} \cdot \text{с}^2)$;

$\pi = 3,1416$;

$\rho = 2,67 \text{ г}/\text{см}^3$, средняя плотность пород промежуточного слоя.

Если сила тяжести измерена на дне моря или на глубине h_m под его поверхностью, то для получения гравитационной аномалии необходимо ввести поправку за глубину и за притяжения водного слоя между уровнем моря и точкой наблюдения.

Влияние притяжения водного слоя над точкой наблюдения на силу тяжести равно двойной величине притяжения этого слоя, так как слой, находясь сверху, уменьшает силу тяжести, а находясь внизу, когда точка наблюдения перенесена на уровень моря, увеличивает её на ту же величину δg_3 , которую можно определить по формуле:

$$\Delta g_3 = -2 * 2 \pi f \bar{\rho}_M * h_M * 10^5 \text{ (мГал)}, \quad (10.7)$$

где $\bar{\rho}_M$ – средняя плотность морской воды, равная $1,03 \text{ г}/\text{см}^3$;

h_m – глубина от поверхности моря до точки наблюдения (отрицательная), м.

Аналогичные рассуждения справедливы и для случаев изменения g в скважинах и в шахтах с той лишь разницей, что в качестве ρ нужно брать среднюю плотность горных пород, заключенных в слое толщиной h_c над точкой наблюдения.

Порядок выполнения работы:

Вычислить аномалии силы тяжести в свободном воздухе и Буге для точек, расположенных:

- 1) на поверхности Земли в равнинном районе;
- 2) на поверхности Земли в горном районе;
- 3) на поверхности моря;
- 4) на дне моря;
- 5) над Землей;
- 6) в скважине.

Исходные данные: для выполнения лабораторной работы приведены в Таблице 10.3, 10.4.

Номер варианта соответствует номеру в журнале.

Порядок выполнения работ.

Вычисление аномалий силы тяжести в редукции за свободный воздух.

Для точек 1 и 2, расположенных на поверхности Земли:

$$\Delta g_{\text{св.в.}} = g - (\gamma_0 + \delta g_1). \quad (10.8)$$

Точка 3 находится на поверхности моря, где $H_\gamma = 0$. Поэтому, согласно теории М.С. Молоденского, в первом приближении имеем:

$$\Delta g_{\text{св.в.}} = g - \gamma_0 \quad (10.9)$$

Если сила тяжести измерена на дне моря (точка 4) на глубине h_M , то для получения аномалии $\Delta g_{\text{св.в.}}$ необходимо применить формулу:

$$\Delta g_{\text{св.в.}} = g - (\gamma_0 + \delta g_1) + \delta g_3 \quad (10.10)$$

Следует помнить, что при вычислении поправки δg_1 необходимо вместо H_γ брать отрицательную величину h_M .

Для точки 5 высота складывается из нормальной высоты H_γ и высоты полета летательного аппарата $h_{\text{П}}$ над физической поверхностью Земли, то есть,

$$H = H_\gamma + h_{\text{П}}. \quad (10.11)$$

Аномалия $\Delta g_{св.в.}$ для этой точки определяется по формуле (10.8), в которой при вычислении δg_1 вместо H_γ необходимо брать величину H , полученную по формуле (10.11).

Аномалия силы тяжести для точки б, расположенной в скважине на глубине h_c от поверхности Земли, вычисляется по формуле (10.10). В этом случае, при вычислении поправки δg_1 , необходимо брать высоту:

$$H = H_\gamma - h_c. \quad (10.12)$$

При вычислении поправки δg_3 величину $\bar{\rho}$ следует принимать равной средней плотности горных пород в слое, над точкой наблюдения, толщиной h_c . Глубина h_c – величина отрицательная. Пример вычисления $\Delta g_{св.в.}$ приведен в таблице 10.1.

Таблица 10.1 - Пример вычисления $\Delta g_{св.в.}$

№ точек	В о	H_γ , м	h_k^{**} , м	$H_\gamma + h_k$, м	g , мГал	γ_0 , мГал	δg_1 , мГал	γ , мГал	δg_3 , мГал	$\Delta g_{св.в.}$ мГал
1	52 13	5	0	5	981274,8	981248,6	-0,5	981247,4	-	27,7
2	36 48	384	0	384	979851,0	979870,4	-118,5	979751,9	-	99,1
3	4 22	0	0	0	978072,8	978045,9	0	979045,9	-	26,9
4	25 45	0	-125	-125	979069,3	978990,5	38,6	979029,1	10,8	51,0
5	67 17	143	500	643	982192,2	982424,7	-198,2	982226,3		-34,3
6	45 50	125	-40	85	980924,7	980947,9	26,2	980921,4	8,9*	-12,5

* – поправка δg_3 вычислена с плотностью $\bar{\rho}_n = 2,67 \text{ г/см}^3$.

** – h_k – высоты точек над или под поверхностями Земли или моря.

Вычисление аномалий силы тяжести в редукции Буге

При вычислении аномалий Буге следует различать два случая:

- 1) точка наблюдения расположена на суше;
- 2) точка наблюдения расположена на море.

В первом случае для точек 1, 2, 5, 6, расположенных на суше, аномалия Буге вычисляется по формуле:

$$\Delta g_B = \Delta g_{св.в.} + \delta g_2 \quad (10.13)$$

Для точек 3 и 4, расположенных на море, поправка за влияние промежуточного слоя вычисляется по формуле:

$$\delta g_2 = -2\pi f (\bar{\rho} - \bar{\rho}_M) h_M. \quad (10.14)$$

Аномалия Буге в этом случае вычисляется по формулам (10.13) с учетом δg_2 , вычисленной по формуле (10.14). Пример вычисления Δg_B приведен в табл. 10.2.

Таблица 10.2 - Пример вычисления Δg_B

№ точки	H_y , м	h , м	$\Delta g_{св.в.}$, мГал	δg_2 , мГал	Δg_B , мГал
1	5	0	27,7	-0,6	27,1
2	384	0	99,1	-43,0	56,1
3	0	-3820	26,9	252,4	289,3
4	0	-125	51,0	8,6	59,6
5	143	500	-34,3	-16,0	-50,3
6	125	-40	12,5	-14,0	-1,5

Таблица 10.3 - Исходные данные

№ вар-та	точка	B	H, м	h, м	g, мГал	№ вар-та	точка	B	H, м	h, м	g, мГал
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	1	37°54'	19		980 059.5	2	1	51°53'	215		981180.9
	2	44 11	873		980 345.2		2	44 10	629		980 397.6
	3	67 31	0	385	982 428.1		3	67 32	0	3650	982 356.7
	4	27 20	0	13	979 261.5		4	35 32	0	216	979 894.2
	5	42 38	93	100	980 421.8		5	42 37	91	100	980 426.0
	6	8 58	7	10	978 242.1		6	12 08	131	11	978 283.3
3	1 1	67 17	13		982 386.8 1	4	1	70 40	16		982 631.7
	2	44 06	643		980 380.4		2	44 02	488		980 387.3
	3	70 20	0	819	982 777.7		3	67 36	0	940	982 421.2
	4	35 54	0	10	979 823.8		4	35 34	0	27	979 823.5
	5	42 35	88	100	980 381.6		5	42 34	92	100	980 418.8
	6	1631	3519	12	977 467.3		6	0 13	2815	13	977 913.4
5	1	52 06	5		981 269.0	6	1	52 13	25		981 267.6
	2	13 03	1042		978 039.8		2	4 38	2592		977405.4
	3	67 37	0	4160	982 469.2		3	67 38	0	4091	982 483.5
	4	37 49	0	58	979 992.4		4	37 19	0	72	980 142.8
	5	42 34	86	100	980 421.9		5	42 35	86	100	980 417.3
	6	43 59	807	14	980 261.9		6	43 57	808	15	980 345.1
7	1	55 45	44		981 558.2	8	1	38 43	76		980 089.6
	2	43 56	1610		980 007.3		2	1 15	1636		977 540.0
	3	67 39	0	891	982 548.8		3	64 37	0	5011	982 267.2
	4	39 38	0	99	980 225.4		4	40 01	0	245	980 264.2
	5	42 38	85	100	980 313.9		5	42 34	92	100	980 320.5
	6	1 23	27	16	978 029.1		6	43 54	823	21	980 293.3
9	1	69 58	27		982 621.5	10	1	59 55	31		981 926.7
	2	43 49	829		980 219.4		2	4 22	439		977 924.6
	3	67 46	0	4076	982 495.7		3	67 47	0	4206	982 499.9
	4	41 36	0	73	980 363.2		4	46 58	0	135	980 878.0
	5	42 28	5	100	980 409.6		5	42 30	10	100	980 419.4
	6	4 22	450	18	977 915.2		6	43 46	202	19	980 399.3
11	1	48 50	66		980 940.6	12	1	52 23	86		981 274.1
	2	43 46	876		980 285.3		2	43 46	1429		980 170.1
	3	67 47	0	1396	982 412.2		3	67 47	0	4179	982 442.4

	4	50 22	0	125	981 189.8		4	4 48	0	45	978 094.5
	5	42 31	22	100	980 420.4		5	42 33	52	100	980 415.3
	6	5 37	10	20	978 105.9		6	1 19	19	21	978 081.8
13	1	64 08	8		982 278.4	14	1	41 54	45		980 364.3
	2	43 39	81		980 422.9		2	43 34	1470		980 105.4
	3	67 48	0	4316	982 496.3		3	67 49	0	3730	982 465.4
	4	7 48	0	55	978 163.8		4	9 20	0	80	978 179.7
	5	42 34	135	100	980 319.3		5	42 34	75	100	980418.1
	6	6 49	7	22	978 132.0		6	35 02	61	23	979 722.2
15	1	59 21	45		981 846.7	16	1	51 25	9		981 195.5
	2	43 32	1213		980 177.4		2	43 34	355		980 359.8
	3	67 49	0	3970	982 544.1		3	67 50	0	3846	982 502.3
	4	12 48	0	135	978 318.2		4	1441	0	20	978 400.3
	5	42 32	183	100	980 271.1		5	43 33	350	150	980 360.5
	6	69 58	27	24	982 623.7		6	69 26	150	25	982 604.5
17	1	50 04	96		981 061.4	18	1	60 10	20		981 915.3
	2	4 22	450		977 926.9		2	43 28	2348		979 801.6
	3	67 51	0	4476	982 499.4		3	67 55	0	1800	982 501.7
	4	16 46	0	33	978 461.2		4	17 56	0	120	978 556.5
	5	43 36	352	150	980 454.8		5	43 34	351	150	980 465.4
	6	43 29	253	16	980 360.7		6	1 23	11	27	978 036.5
19	1	55 55	129		981 584.2	20	1	37 41	141		979 875.6
	2	43 18	3210		979 473.1		2	43 36	502		980 369.9
	3	67 59	0	3712	982 508.6		3	68 06	0	2629	982 481.5
	4	19 09	0	250	978 639.4		4	35 59	0	140	979 961.8
	5	43 35	351	150	980 465.5		5	43 18	76	110	980 353.3
	6	6 56	7	28	978 098.5		6	8 58	7	30	978 241.1
21	1	43 32	7		980 509.2	22	1	37 47	35		979 979.0
	2	43 17	1577		980 067.0		2	43 16	1848		979 882.5
	3	68 09	0	4540	982 535.1		3	68 09	0	1900	982 510.8
	4	27 36	0	100	979 161.6		4	22 25	0	18	978 861.2
	5	35 15	34	200	979 729.2		5	35 13	198	200	979 715.5
	6	9 58	3	31	978 169.7		6	1 19	19	32	978 081.3
23	1	33 53	30		979 686.4	24	1	14 24	5		978 385.5
	2	43 16	1741		979 951.7		2	43 07	911		980 165.3
	3	68 12	0	1930	982 530.4		3	68 16	0	1710	983 513.8
	4	4 01	0	50	978 097.1		4	42 06	0	30	980 392.7
	5	35 13	258	200	979 586.1		5	35 13	378	200	979 551.1
	6	69 14	15	33	982 577.7		6	6 56	7	34	978 140.5
25	1	12 20	23		978 314.2	26	1	61 15	48		981 940.0
	2	43 16	346		980 315.5		2	43 03	1419		980 021.7
	3	67 01	0	1840	982 523.4		3	68 17	0	3290	982 492.3
	4	20 21	0	55	978 689.8		4	5 44	0	45	978 094.1
	5	43 35	251	250	980 470.3		5	35 14	673	200	979 609.9
	6	8 30	4	29	978 122.2		6	25 55	22	37	979 051.3
27	1	1 23	11		978 037.6	28	1	34 34	8		979 705.3
	2	43 03	633		980 232.1		2	43 03	679		980 233.5
	3	68 20	0	2340	982 519.8		3	68 22	0	1590	982 551.5
	4	34 36	0	55	979 771.4		4	6 52	0	56	978 107.4
	5	35 13	802	200	979 408.3		5	35 13	844	200	979 467.3

	6	67 42	215	38	982 422.5		6	67 40	48	39	982 468.1
29	1	38 54	1		980 119.4	30	1	22 20	1		978 803.9
	2	35 13	1058		979 565.7		2	35 12	955		979 590.8
	3	68 23	0	1650	982 531.5		3	68 33	0	1985	982 531.4
	4	8 07	0	20	978 174.7		4	9 18	0	49	978 242.2
	5	43 18	153	250	980 300.4		5	43 00	1577	400	980 215.7
	6	67 35	175	40	982 432.5		6	66 58	150	41	982 459.7

Таблица 10 4 - Нормальные значения силы тяжести γ_0 мГал

(Формула Гельмерта) $\gamma_0 = \gamma_e(1 + \beta \sin^2 B - \beta_1 \sin^2 2B) - 14$, мГал

B	0'	10'	20'	30'	40'	50'
0°	978 016.0	016.0	016.2	016.4	016.7	017.1
1	017.6	018.1	018.8	019.5	020.4	021.3
2	022.3	023.4	024.5	025.8	027.2	028.6
3	030.1	031.6	033.4	035.2	037.1	039.1
4	041.1	043.2	045.4	047.8	050.1	052.6
5	055.2	057.8	060.6	063.4	066.3	069.3
6	072.4	075.5	078.8	082.1	085.5	089.0
7	092.6	096.3	100.0	103.9	107.8	111.8
8	115.9	120.1	124.4	128.7	133.1	137.6
9	142.2	146.9	151.7	156.5	161.5	166.5
10	171.6	176.7	182.0	187.3	192.7	198.2
11	203.8	209.5	215.2	221.1	227.0	233.0
12	239.0	245.2	251.4	257.7	264.1	270.5
13	277.1	283.7	290.4	297.2	304.0	311.0
14	318.0	325.1	332.2	339.5	346.8	354.2
15	361.7	369.2	376.2	384.5	392.3	400.1
16	408.1	416.0	424.1	432.3	440.5	448.8
17	457.1	465.6	474.1	482.6	491.3	500.0
18	508.8	517.7	526.6	535.6	544.7	553.8
19	563.0	572.3	581.7	591.1	600.6	610.1
20	619.8	629.5	639.2	649.0	658.9	668.9
21	678.9	689.0	699.1	709.3	719.6	730.0
22	741.4	750.8	761.4	772.0	782.6	793.4
23	804.1	815.0	825.9	836.8	847.9	858.9
24	870.1	881.3	892.5	903.9	915.2	926.7
25	938.1	949.7	961.3	972.9	984.7	996.4
26	979 008.2	020.1	032.0	044.0	056.1	068.2
27	080.3	092.5	104.7	117.0	129.4	141.8
28	154.2	166.7	179.2	191.8	204.5	217.1
29	229.9	242.7	255.5	268.4	281.3	294.2
30	307.2	320.3	333.4	336.5	359.7	372.9
31	386.2	399.5	412.8	426.2	439.7	453.1
32	466.6	480.2	493.8	507.4	521.0	534.7
33	548.5	562.2	576.0	589.9	603.8	617.7
34	631.6	645.6	659.6	673.6	687.7	701.8
35	715.9	730.1	744.3	758.5	772.8	787.0
B	0'	10'	20'	30'	40'	50'
36	801.4	815.7	830.1	844.4	858.9	873.3
37	887.8	902.3	916.8	931.3	945.9	960.5

38	975.1	989.7	004.3	019.0	033.7	048.4
39	980 063.1	077.9	092.7	107.7	122.2	137.1
40	151.9	166.7	181.6	196.5	211.4	226.3
41	241.2	256.1	271.1	286.0	301.0	316.0
42	331.0	346.0	361.0	376.0	391.0	406.0
43	421.1	436.1	451.2	466.2	481.3	496.4
44	511.4	526.5	541.6	556.7	571.7	586.8
45	601.9	617.0	632.6	647.1	662.2	677.3
46	692.4	707.5	722.6	737.6	752.7	767.8
47	782.8	797.9	812.9	827.9	843.0	858.0
48	873.0	888.0	903.0	918.0	933.0	947.9
49	962.9	977.8	992.8	007.7	022.6	037.5
50	981 052.3	067.2	082.1	096.9	111.7	126.5
51	141.3	156.0	170.8	185.5	200.2	214.9
52	229.6	244.2	258.8	273.4	288.0	302.6
53	317.3	317.3	331.6	346.1	360.5	375.0
54	403.8	418.1	432.5	446.8	461.0	475.3
55	489.5	503.7	517.8	532.0	546.0	560.1
56	574.1	588.1	602.1	616.0	629.9	643.8
57	657.6	671.4	685.2	698.9	712.6	726.2
58	739.8	753.4	766.9	780.4	793.9	807.3
59	820.7	834.1	847.4	860.6	873.8	886.9
60	900.0	913.1	926.1	939.1	952.0	964.9
61	977.8	990.6	003.3	016.1	028.7	041.3
62	982 053.9	066.4	078.9	091.3	103.7	116.0
63	128.2	140.5	152.8	164.8	176.8	188.8
64	200.8	212.7	225.5	236.3	248.0	259.7
65	244.3	282.9	294.4	305.9	317.3	328.6
66	339.9	351.1	362.2	373.4	384.4	395.4
67	406.3	417.2	428.0	438.7	449.4	460.0
68	470.5	481.0	491.4	501.8	512.1	522.3
69	532.5	542.6	552.6	1 562.6	572.5	582.3
70	592.1	601.8	611.4	621.0	630.5	639.9
71	649.3	658.6	667.8	676.9	686.0	695.0
72	704.0	712.9	721.6	730.4	739.0	747.6
73	756.1	764.5	772.9	781.2	789.4	797.6
74	805.6	813.6	821.5	829.4	837.1	844.8
75	852.4	860.0	867.4	874.8	882.1	889.4
76	896.5	903.6	910.6	917.5	924.4	931.1
77	937.8	944.4	950.9	957.4	963.7	970.0
78	976.2	982.4	988.4	994.4	000.2	006.0
79	983 011.8	017.4	023.0	028.4	033.8	039.1
80	044.4	049.5	054.6	059.5	064.4	069.2
81	074.0	078.6	083.2	087.6	092.0	096.3
82	100.6	104.7	108.7	112.7	116.6	120.4
83	124.1	127.7	131.3	134.7	138.1	141.4
84	144.6	147.7	150.7	153.6	156.5	159.2
B	0'	10'	20'	30'	40'	50'
85	161.9	164.5	167.0	169.4	171.8	174.0
86	176.1	178.2	180.2	182.1	183.9	185.6
87	187.2	188.8	190.2	191.6	192.9	194.1
88	195.2	196.2	197.1	197.9	198.7	199.4
89	199.9	200.4	200.8	201.1	201.5	201.5

Контрольные вопросы:

1. Что такое аномалия силы тяжести
2. В чем отличие аномалии силы тяжести в редукции Буге и свободного воздуха
3. Какие поправки вводятся в аномалии силы тяжести
4. Рассчитать нормальное значение силы тяжести для определенной широты
5. Где располагаются точки, для которых необходимо посчитать аномалии силы тяжести

Практическая работа № 11

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ КАРТ И УСТАНОВЛЕНИЕ СВЯЗИ АНОМАЛИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ С РЕЛЬЕФОМ

Количество часов: 10 часов.

Цели: Оценить точность гравиметрических карт и установить связь аномалий силы тяжести с рельефом

Теоретическая часть:

Точность гравиметрической карты характеризует ошибка E интерполяции аномалий — среднеквадратическое значение разности измеренной аномалии силы тяжести на произвольном пункте и интерполированной на этот пункт по карте. Ошибка интерполяции складывается из ошибок трех видов:

- ошибки определения аномалии на гравиметрическом пункте (она зависит от ошибок измерения силы тяжести g и вычисления γ);
- ошибки нанесения пункта на карту;
- влияние дискретности съёмки и сложности аномального поля в области съёмки.

При редкой или неравномерной гравиметрической съёмке часто возникает необходимость интерполировать аномалии в свободном воздухе между гравиметрическими пунктами. Такая прямая интерполяция может сопровождаться значительными ошибками из-за сильной зависимости аномалий от высоты. Поэтому применяют косвенную интерполяцию с помощью аномалий Буге, которые изменяются на участке съёмки медленней, более плавно и монотонно. Проинтерполировав линейно на нужный пункт аномалию Буге и прибавив к результату притяжение промежуточного слоя, находят нужные значения аномалий в свободном воздухе, т. е.

$$(g - \gamma)_{\text{инт}} = (\Delta g_B)_{\text{инт}} + 2\pi G\delta H.$$

Величина коэффициента $2\pi G\delta$ близка к 0,1 мГал/м. Поэтому ошибка определения высоты, например, равная 2 м приведёт при косвенной интерполяции к ошибке 0,2 мГал, что обычно вполне приемлемо.

На величину силы тяжести на пункте влияет притяжение топографических масс, возрастающее с увеличением высоты. Поэтому аномалии в свободном воздухе приближённо повторяют рельеф

Казалось бы, аномалии Буге, при вычислении которых вычиталось притяжение топографических масс, не должны зависеть от высоты пункта. Однако такая зависимость может возникнуть с тем или иным знаком, если принятое значение плотности δ отличается от действительного.

Порядок выполнения:

Для определения ошибки интерполяции выполните линейную интерполяцию между изоаномалами на 15 пунктов с неподписанными на картах аномалиями, которые не использовались при построении карт. Величины $(g - \gamma)_{\text{инт}}$ записывают в ведомость (табл. 4), рядом с величиной $(g - \gamma)_{\text{кат}}$ из каталога, находят уклонения $v = (g - \gamma)_{\text{инт}} - (g - \gamma)_{\text{кат}}$. Среднеквадратическая величина этой разности

будет ошибкой интерполяции $E_1 = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n}}$. По тем же пунктам находят величину E_2 по карте аномалий Буге. Убедитесь, что ошибка интерполяции аномалий в свободном воздухе значительно (часто в несколько раз) больше ошибки интерполяции аномалий Буге. Если величина ошибки окажется в 1,5—2 раза меньше сечения карты, то выбор сечения можно считать удачным.

Для косвенной интерполяции получите притяжение промежуточного слоя $\Delta 2g = 2\pi G\delta H$ для каждого из 15 пунктов каталога. Прибавив величины $\Delta 2g$ к интерполированным аномалиям Буге, получите интерполированные величины $(g - \gamma)'_{\text{инт}}$. Снова найдите уклонения v от каталожных значений и получите среднеквадратическую величину E_3 , которая будет близкой к ошибке интерполяции аномалий Буге.

Постройте график зависимости аномалий $g - \gamma$ в свободном воздухе и высоты для 15 последних пунктов каталога. Полагая зависимость величины $g - \gamma$ от H линейной, проведите «на глаз» регрессионную прямую и по её наклону получите коэффициент $\Delta(g - \gamma)/\Delta H$ в мГал/м.

Подобный график постройте для аномалий Буге. Если прямая регрессии окажется горизонтальной, то принятое при вычислении аномалий Буге значение плотности δ равно действительному.

Найдите средний шаг съёмки s . Для этого подсчитайте число N пунктов на прямоугольном участке съёмки площадью P .

Один гравиметрический пункт будет приходиться на площадь P/N , тогда

$$s = \sqrt{\frac{P}{N}}.$$

Пример вычислений

Пример определения ошибок интерполяции в табл. 11.1.

Ошибка косвенной интерполяции получилась вчетверо меньше ошибки прямой интерполяции.

Построенный по данным каталога график зависимости аномалий в свободном воздухе от высоты пункта (рис. 11.1) свидетельствует о сильной (+0,10 мГал/м) корреляционной связи этих величин.

На графике (рис. 11.1) для аномалий Буге видно, что аномалия заметно увеличивается с высотой, т. е. поправка $\Delta 2g = 2\pi G\delta H$ в величину g занижена: присутствует недокомпенсация притяжения топографических масс.

Таблица 11.1 – Ошибка интерполяции гравиметрических карт

№ кат.	Аномалии в свободном воздухе			Аномалии Буге			Косвенная интерполяция аномалий в свободном воздухе			
	$(g - \gamma)_{\text{инт}},$ мГал	$(g - \gamma)_{\text{кат}},$ мГал	$v,$ мГал	$(\Delta g_B)_{\text{инт}},$ мГал	$(\Delta g_B)_{\text{кат}},$ мГал	$v,$ мГал	$H,$ м	$\Delta_2 g =$ $= 0,0963H,$ мГал	$(g - \gamma)'_{\text{инт}},$ мГал	$v,$ мГал
1274	36	15	+21	-35	-36	+1	521	50	15	0
1281	28	21	+7	-37	-37	0	606	58	21	0
1321	120	117	+3	-20	-17	-3	1390	134	114	-3
1329	82	89	-7	-30	-28	-2	1209	116	86	-3
1333	68	56	+12	-37	-33	-4	926	89	52	-4
1380	94	86	+8	-20	-21	+1	1107	107	87	+1
1413	67	60	+7	-27	-27	0	909	88	61	+1
1422	60	47	+13	-27	-30	+3	809	78	51	+4
1427	100	112	-12	-30	-26	-4	1442	139	109	-3
1503	109	106	+3	-35	-35	0	1460	141	106	0
1525	105	102	+3	-33	-28	-5	1350	130	97	-5
1580	100	96	+4	-32	-32	0	1323	127	95	-1
1591	100	79	+21	-39	-38	-1	1220	117	78	-1
1619	80	81	-1	-31	-31	0	1160	112	81	0
1624	95	84	+11	-30	-30	0	1184	114	84	0

$$E_1 = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n}} = \sqrt{\frac{1715}{15}} = 10,6 \text{ мГал} \quad E_2 = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n}} = \sqrt{\frac{82}{15}} = 2,3 \text{ мГал} \quad E_3 = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n}} = \sqrt{\frac{88}{15}} = 2,4 \text{ мГал}$$

На участке карты $20 \times 10'$ между параллелями $35^\circ 40'$ и $36^\circ 00'$ и меридианами $137^\circ 20'$ и $137^\circ 30'$ площадью $P = 37,4 \times 15,0 = 561 \text{ км}^2$ расположены 75 гравиметрических пунктов. Средний шаг съёмки

$$s = \sqrt{\frac{561}{75}} = 2,7 \text{ км.}$$

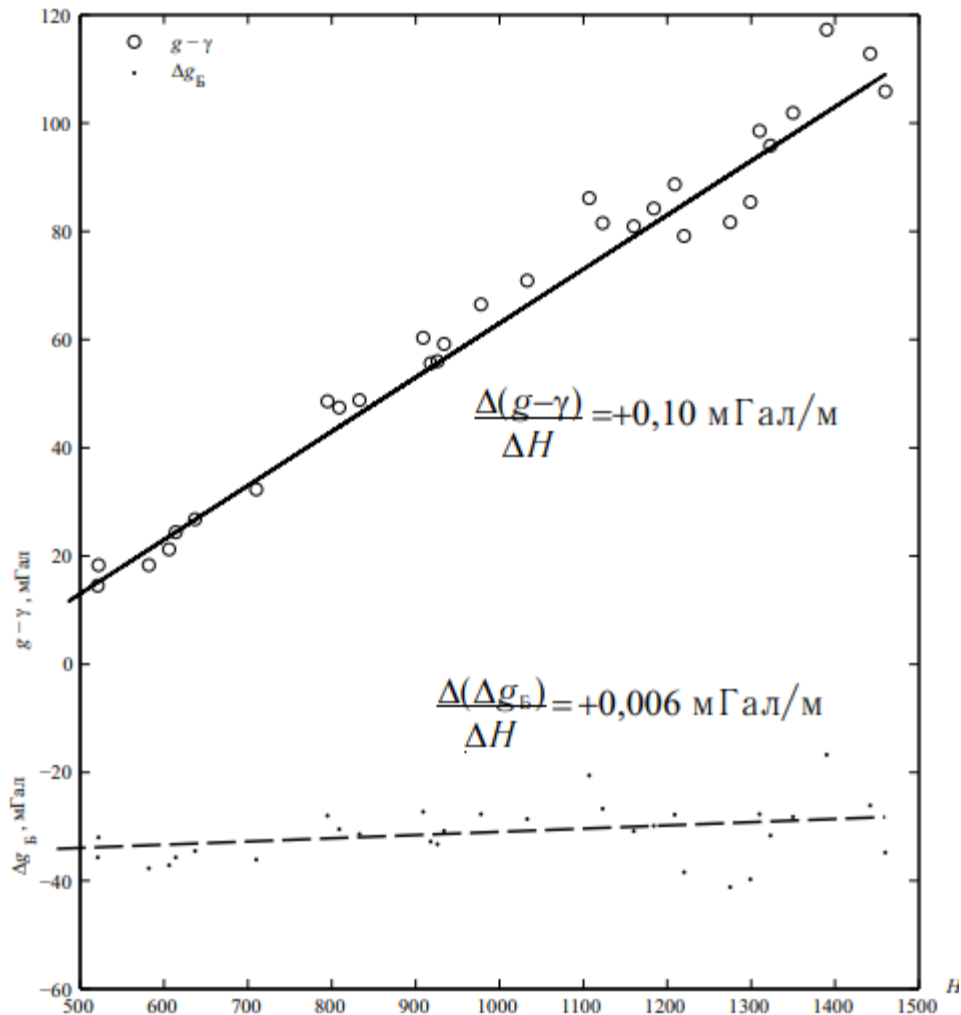


Рисунок 11.1 – Зависимость аномалий силы тяжести от высоты H

Контрольные вопросы:

1. Что характеризует ошибка E интерполяции аномалий
2. Какие ошибки трех видов складываются из ошибок интерполяции
3. Что возникает при редкой или неравномерной гравиметрической съёмке
4. Что необходимо найти, проинтерполировав линейно на нужный пункт аномалию Буге и прибавив это к результату притяжения промежуточного слоя
5. Что влияет на величину силы тяжести на пункте
6. В зависимости от чего строится график аномалий в свободном воздухе

Критерии оценки за практическую работу.

- Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.
- Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.
- Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.
- Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Перечень практических работ по МДК.01. 02 Математическая обработка результатов геодезических измерений

№ п/п	Содержание практических работ	Количество часов
1.	Практическая работа № 1. Оценка точности многократно измеренной величины по истинным погрешностям (линейные и угловые измерения).	2
2.	Практическая работа № 2. Обработка результатов равноточных измерений одной и той же величины по уклонениям от среднего (угловые измерения). Вычисление средних, средних квадратических, предельных, погрешностей	2
3.	Практическая работа № Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений (превышения).	2
4.	Практическая работа № Обработка результатов неравноточных измерений одной величины (угловые и линейные измерения).	2
5.	Практическая работа № Оценка точности измерений углов в полигонах полигонометрии. Оценка точности измерений в триангуляции	2
6.	Практическая работа № Оценка точности измерений геометрического нивелирования (по длинам полигонов; по числу штативов).	2
7.	Практическая работа № Определение числа и видов независимых геометрических условий в различных геодезических сетях.	2
8.	Практическая работа № Уравнивание нивелирной сети в системе КРЕДО ДАТ.	2
9.	Практическая работа № Уравнивание одиночного полигонометрического хода в системе КРЕДО ДАТ	2
10.	Практическая работа № Уравнивание полигонометрического хода с одной узловой точкой в системе КРЕДО ДАТ	2
11.	Практическая работа № Уравнивание теодолитных ходов в системе КРЕДО ДАТ	2
12.	Практическая работа № Уравнивание линейно-угловой сети в системе КРЕДО ДАТ	2
13.	Практическая работа № Уравнивание триангуляции в системе КРЕДО ДАТ	4
	Всего	

Практическая работа № 1

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МНОГОКРАТНО ИЗМЕРЕННОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПО ИСТИННЫМ ПОГРЕШНОСТЯМ (ЛИНЕЙНЫЕ И УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ). ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНИХ, ВЕРОЯТНЫХ, СРЕДНИХ КВАДРАТИЧЕСКИХ, ПРЕДЕЛЬНЫХ, АБСОЛЮТНЫХ И ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Количество часов: 2

Цель: научиться обрабатывать результаты многократных измерений одной и той же величины, вычислять различные виды погрешностей и давать оценку точности полученного результата.

Задание:

1. Произвести обработку результатов измерений. С разной точностью. Выполнить уравнивание и найти вероятнейшие значения.

Линия была измерена 5 раз стальной рулеткой. Получены результаты: 125.35 м, 125.30 м, 125.38 м, 125.32 м, 125.35 м. Известно, что ее истинное значение $L = 125.33$ м.

2. Сторона участка была измерена 7 раз и получены результаты: 54.11 м, 54.08 м, 54.12 м, 54.09 м, 54.10 м, 54.07 м, 54.13 м. Известно, что ее действительное значение равно 54.10 м.

Вычислите:

- Среднее арифметическое.
- Среднюю квадратическую погрешность одного измерения (двумя способами).
- Вероятную погрешность.
- Среднюю квадратическую погрешность среднего арифметического.
- Относительную погрешность результата измерений.

Критерии оценки за самостоятельную работу:

Критерий	Баллы
Правильность составления таблиц и вычислений.	3
Грамотная запись окончательного результата.	2
Верный расчет относительной погрешности	5
Итого	10

9–10 баллов — отлично (все задания выполнены, нет ошибок).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты).

5–6 баллов — удовлетворительно (есть грубые ошибки).

Менее 5 — неудовлетворительно (материал не усвоен).

Практическая работа № 2

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ ВЕЛИЧИНЫ ПО УКЛОНЕНИЯМ ОТ СРЕДНЕГО (УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ). ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНИХ, СРЕДНИХ КВАДРАТИЧЕСКИХ, ПРЕДЕЛЬНЫХ, ПОГРЕШНОСТЕЙ.

Количество часов: 2

Цель: научиться обрабатывать ряд прямых равноточных измерений, вычислять наиболее достоверное значение измеряемой величины, оценивать точность измерений и определять предельную погрешность.

Исходные данные: предположим, мы измерили горизонтальный угол теодолитом 5 раз с одинаковой тщательностью (равноточно). Получили следующий ряд результатов:

№ измерения	Значение угла
1	50°25'
2	50°24'
3	50°26'
4	50°25'
5	50°27'

Задача:

1. Найти наиболее вероятное значение угла (среднее арифметическое).
2. Вычислить отклонения от среднего (остатки, невязки).
3. Оценить точность единичного измерения (СКП одного измерения).
4. Оценить точность среднего арифметического (СКП среднего).
5. Определить предельную погрешность.

Критерии оценки

Критерий	Баллы
Правильность составления таблиц и вычислений.	3
Грамотная запись окончательного результата.	2
Верный расчет относительной погрешности	5
Итого	10

Шкала оценки:

9–10 баллов — отлично (данные готовы к уравниванию).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты).

5–6 баллов — удовлетворительно (требуется доработка).

Менее 5 — неудовлетворительно (данные не пригодны для обработки).

Практическая работа № 3**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПО РАЗНОСТЯМ ДВОЙНЫХ РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ПРЕВЫШЕНИЯ)****Количество часов: 2**

Цель: освоить метод оценки точности измерений по разностям двойных результатов в равноточных измерениях. Научиться вычислять среднюю квадратическую погрешность (СКП) одного измерения и СКП среднего арифметического.

Теоретическое обоснование:

При геодезических работах, например, в нивелировании, превышения часто измеряют дважды: в прямом и обратном направлении. Эти измерения являются равноточными и независимыми. Разность между двумя измерениями одной и той же величины ($d = h_1 - h_2$) в идеале должна быть равна нулю. Фактически, из-за наличия погрешностей, разности отличны от нуля. Анализируя эти разности, можно оценить точность выполненных измерений.

Формула для вычисления СКП одного измерения m по n разностям двойных измерений:

$$m = \pm \sqrt{[dd] / 2n}$$

где: d — разность между прямым и обратным измерением одной величины (например, превышения на одной станции нивелирования), $[dd]$ — сумма квадратов всех разностей, n — количество пар измерений (разностей).

СКП среднего арифметического из двух измерений (окончательного результата) вычисляется по формуле: $M = \pm m / \sqrt{2}$

Исходные данные:

Предположим, был выполнен нивелирный ход. Превышения между точками измерялись парами (прямо и обратно). Результаты измерений представлены в таблице.

Задача:

Для каждой станции вычислить разность между прямым и обратным превышением.

Проверить, что алгебраическая сумма всех превышений по прямому и обратному ходам близка к нулю (теоретический контроль).

Вычислить среднюю квадратическую погрешность измерения превышения на одной станции (СКП одного измерения).

Вычислить среднюю квадратическую погрешность среднего арифметического из двух измерений.

Оценить допустимость расхождений (найти предельную погрешность для разности и проверить, нет ли грубых погрешностей).

№ станции	Прямое превышение, h_p (м)	Обратное превышение, h_o (м)	Разность $d = h_p - h_o$ (мм)	Квадрат разности d^2 (мм ²)	Примечание
1	+1.255	-1.248			
2	-0.543	+0.550			
3	+2.100	-2.095			
4	-3.717	+3.710			
5	+0.831	-0.825			
Σ					

Критерии оценки

Критерий	Баллы
Полнота анализа параметров уравнивания	3
Корректность оценки точности	3
Глубина интерпретации результатов	2
Качество оформления отчета	2
Итого	10

Шкала оценки:

9–10 баллов — отлично (выявлены все проблемы, даны обоснованные рекомендации).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты в интерпретации).

5–6 баллов — удовлетворительно (поверхностный анализ).

Менее 5 — неудовлетворительно (критические ошибки в выводах).

**ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НЕРАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОДНОЙ
ВЕЛИЧИНЫ (УГЛОВЫЕ И ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ)**

Количество часов: 2

Цель: освоить методику обработки результатов неравноточных измерений для нахождения наиболее надежного значения измеряемой величины (среднего весового) и оценки его точности.

Теоретическое обоснование:

Неравноточными называются измерения, выполненные в разных условиях, разными приборами, разными методами или разным количеством приемов. Их надежность неодинакова. Количественной мерой доверия к результату измерения является его вес (p). Чем выше вес, тем надежнее и точнее измерение.

Вес измерения обычно устанавливается:

Обратно пропорционально квадрату средней квадратической погрешности (СКП): $p_i \sim 1 / m_i^2$.

Пропорционально количеству измерений в ряду (для средних арифметических из равноточных измерений): $p_x \sim n$.

Эмпирически, на основе опыта исполнителя (например, измерения новым прибором получают больший вес).

Наиболее вероятное значение измеряемой величины из ряда неравноточных измерений — среднее весовое (L_0).

Формула для среднего весового:

$$L_0 = [pL] / [p] = (p_1L_1 + p_2L_2 + \dots + p_nL_n) / (p_1 + p_2 + \dots + p_n)$$

СКП среднего весового вычисляется по формуле:

$$M_0 = \pm \sqrt{[pvv] / ((n-1) * [p])}$$

где $v_i = L_0 - L_i$ — отклонение от среднего весового, $[pvv] = p_1v_1^2 + p_2v_2^2 + \dots + p_nv_n^2$.

Исходные данные: Угол β был измерен тремя разными способами с разной точностью.

1. Результат из первого ряда равноточных измерений (4 приема): $\beta_1 = 38^\circ 47' 15''$
2. Результат из второго ряда равноточных измерений (2 приема): $\beta_2 = 38^\circ 47' 10''$
3. Результат одного измерения теодолитом повышенной точности: $\beta_3 = 38^\circ 47' 18''$ (вес этого измерения по опыту решено принять $p_3 = 3$).

Задача: найти наиболее вероятное значение угла β_0 и оценить его точность (M_0).

Исходные данные: Длина линии d была измерена трижды разными приборами.

1. Лентой: $d_1 = 125.45$ м (СКП этого измерения $m_1 = \pm 0.05$ м)
2. Дальномером: $d_2 = 125.30$ м (СКП этого измерения $m_2 = \pm 0.10$ м)
3. Рулеткой: $d_3 = 125.40$ м (СКП этого измерения $m_3 = \pm 0.03$ м)

Задача: найти наиболее вероятное значение длины d_0 и оценить его точность.

Критерии оценивания

Критерий	Баллы
Полнота анализа параметров уравнивания	3
Корректность оценки точности	3
Глубина интерпретации результатов	2
Качество оформления отчета	2
Итого	10

Шкала оценки:

- 9–10 — отлично (можно подавать на конкурс).
7–8 — хорошо (незначительные недочеты).
5–6 — удовлетворительно (требуется доработка).
<5 — неудовлетворительно (переделать).

Практическая работа № 5

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ УГЛОВ В ПОЛИГОНАХ ПОЛИГОНОМЕТРИИ. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ТРИАНГУЛЯЦИИ

Количество часов: 2

Цель: освоить методики оценки точности угловых измерений в полигонометрии (по невязкам замкнутых ходов) и в триангуляции (по угловым невязкам в треугольниках). Научиться вычислять среднюю квадратическую погрешность (СКП) измерения угла и делать выводы о качестве работ.

Теоретическое обоснование: В замкнутом полигоне теоретическая сумма измеренных внутренних углов вычисляется по формуле:

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ * (n - 2), \text{ где } n \text{ — количество углов в полигоне.}$$

Из-за погрешностей измерений сумма измеренных углов $\Sigma\beta_{\text{изм}}$ отличается от теоретической на величину **угловой невязки**: $f\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}}$

Невязка $f\beta$ является следствием случайных погрешностей измерений. Анализируя невязки в нескольких полигонах, можно оценить точность выполнения угловых измерений по формуле: $m_\beta = \pm\sqrt{([f\beta f\beta] / N)}$, где $[f\beta f\beta]$ — сумма квадратов невязок, а N — количество полигонов.

Исходные данные: были проложены и измерены три замкнутых теодолитных хода (полигона). Результаты измерений сумм углов и расчеты невязок приведены в таблице.

№ полигона	Количество углов, n	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{теор} = 180^{\circ} \cdot (n-2)$	Невязка, f β
1	5	539°59'20"		
2	6	719°59'30"		
3	4	359°59'50"		

Задача: Оценить СКП измерения одного угла (m_{β}).

Критерии оценки

Критерий	Баллы
Полнота анализа параметров уравнивания	3
Корректность оценки точности	3
Глубина интерпретации результатов	2
Качество оформления отчета	2
Итого	10

Шкала оценки:

9–10 баллов — отлично (выявлены все проблемы, даны обоснованные рекомендации).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты в интерпретации).

5–6 баллов — удовлетворительно (поверхностный анализ).

Менее 5 — неудовлетворительно (критические ошибки в выводах).

Практическая работа № 6

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ (ПО ДЛИНАМ ПОЛИГОНОВ; ПО ЧИСЛУ ШТАТИВОВ)

Количество часов: 2

Цель: освоить методики оценки точности нивелирования по невязкам в полигонах (по длинам ходов) и по числу штативов (станций). Научиться вычислять среднюю квадратическую погрешность (СКП) нивелирования на 1 км хода и на одну станцию, а также определять допустимость невязок.

Теоретическое обоснование:

Исходные данные: имеются результаты нивелирования трех замкнутых полигонов.

№ полигона	Длина хода, L (км)	Невязка, f_h (мм)	f_h^2 (мм ²)	f_h^2 / L (мм ² /км)
1	4.2	+25	625	148.81
2	3.1	-18	324	104.52
3	5.8	+30	900	155.17

Задача:

1. Проверить невязки на допустимость.
2. Вычислить СКП нивелирования на 1 км хода ($m_{1\text{км}}$).

Критерии оценки

Критерий	Баллы
Полнота анализа параметров	3
Корректность оценки точности	3
Глубина интерпретации результатов	2
Качество оформления отчета	2
Итого	10

Шкала оценки:

- 9–10 баллов — отлично (выявлены все проблемы, даны обоснованные рекомендации).
 7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты в интерпретации).
 5–6 баллов — удовлетворительно (поверхностный анализ).
 Менее 5 — неудовлетворительно (критические ошибки в выводах).

Практическая работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА И ВИДОВ НЕЗАВИСИМЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Количество часов: 2

Цель: освоить методику расчета необходимого (теоретически минимального) количества измерений в геодезической сети и определения числа и видов возникающих при

этом независимых геометрических условий. Научиться использовать формулу Лагранжа для анализа свободы геодезических построений.

Теоретическое обоснование:

Любая геодезическая сеть (ГС) представляет собой геометрическую фигуру, положение которой на плоскости определяется координатами своих точек. Для создания сети необходимо выполнить определенный минимум измерений. Любые измерения сверх этого минимума создают избыточность, которая приводит к возникновению геометрических условий (уравнений условий, условных уравнений).

Формула Лагранжа определяет общее количество независимых геометрических условий в сети:

$$W = n - (2P - 3)$$

где:

W — общее число независимых геометрических условий,

n — общее количество выполненных измерений (линий, углов, направлений),

P — общее количество определяемых (новых) точек в сети.

Примечание: Формула $(2P - 3)$ описывает количество необходимых измерений для однозначного определения сети на плоскости (минимально необходимое число измерений). Разница между фактическим и минимальным числом измерений $(n - (2P - 3))$ и дает количество условий.

Виды независимых геометрических условий:

Условия фигур (треугольников): Сумма углов в каждом треугольнике должна быть равна 180° .

Горизонтальные условия (условия дирекционных углов): Уравнивание дирекционных углов сторон, входящих в разные треугольники или ходы.

Условия полюса (сторон): Условия, связывающие стороны треугольников через синусы углов (для цепочек треугольников).

Условия координат (базисные условия): Согласование приращений координат в замкнутых полигонах (ходах).

Задание:

Уравнивание геодезического четырехугольника.

Ход работы:

1. Вычисление поправок первой группы:

Переписывают исходные данные в тетрадь для практических работ.

Составляют таблицу введения поправок.

Таблица введения поправок для уравнивания центральной системы триангуляции

№ треугольников	№ углов	Предварительно вычисленные углы	Поправки 1 группы			Предварительно уравненные углы	Поправки 2 группы	Уравненные углы
			I	II	I+II			

1.1. Вычисляют поправки за условие фигур:

Для введения поправок за условие фигур в четырехугольнике находят угловую невязку:

$$W_{\phi} = \Sigma\beta - 360^{\circ},$$

где, W_{ϕ} - невязка за условие фигуры, $\Sigma\beta$ - сумма углов в четырехугольнике.

Вычисляют поправку за условие фигуры в углы по формуле: $\nu_{\phi} = -\frac{W_{\phi}}{8}$.

1.2. Вычисляют поправки накрест лежащих углов:

$$W_2 = (1+2) - (5+6) \quad W_3 = (3+4) - (7+8)$$

Находят поправки в углы по формуле: $\nu_2 = -\frac{W_2}{4}$, $\nu_3 = -\frac{W_3}{4}$

В углы 1, 2, 3, 4, поправки вводят со знаком противоположным знаку невязки, а в углы 5, 6, 7, 8 – со знаком невязки.

После внесения поправок первой группы сумма углов в четырехугольнике должна быть $360^{\circ}00'00''$.

2. Вычисление поправок второй группы:

Составляют таблицу введения поправок второй группы.

Таблица расчета поправок второй группы

№ углов	Значение уравненных углов	lg sin A	δ	№ углов	Значение уравненных углов	lg sin B	β	$\delta+\beta$	$(\delta+\beta)^2$	X	- X

Для расчета поправок сначала записывают нечетные углы (1, 3, 5, 7), далее четные углы (2, 4, 6, 8).

Вычисляют изменения $\lg \sin A$ и $\lg \sin B$ при изменении угла на 1 секунду в шестом знаке логарифма δ и β .

По результатам вычислений находят невязку полюсного условия

$$W_{\Pi} = \Sigma \lg \sin A - \Sigma \lg \sin B,$$

где, W_{Π} - невязка за полюсное условие, $\Sigma \lg \sin A$ и $\Sigma \lg \sin B$ - сумма логарифмов синусов углов.

Находят коэффициент (коррелату) $K = -\frac{W_{\Pi}}{\Sigma(\delta + \beta)^2}.$

Находят поправки второй группы $X_A = -X_B = K \cdot (\delta + \beta).$

Эти поправки вносят в таблицу строгого уравнивания углов и вычисляют уравненные углы.

3. Вычисление длин сторон центральной системы:

Вычисления производят в отдельной таблице

Вычисление длин сторон четырехугольника

треугольник	№ углов	Значение углов	Sin углов	Длина сторон, м

По уравненным углам и исходной стороне находят длины сторон треугольников с точностью 0,01 м $\frac{a_1}{\sin 1} = \frac{b_1}{\sin 2} = \frac{c_1}{\sin 3}.$

4. Вычисление координат пунктов геодезического четырехугольника:

По намеченной ходовой линии составляют ведомость координат, в которой уравнивают приращения координат и вычисляют координаты пунктов системы.

Ведомость вычисления координат пунктов геодезического четырехугольника

№ пункта	Углы	Дирекционный угол	Длина линии, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
				вычисленные		исправленные		X	Y
				Δx	Δy	Δx	Δy		

4.1. Вычисление дирекционных углов сторон:

По уравненным углам и исходному дирекционному углу стороны вычислить дирекционные углы всех остальных сторон полигона по формулам:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n, \text{ для правых по ходу углов,}$$

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - 180^\circ + \beta_n, \text{ для левых по ходу углов.}$$

Контролем вычисления дирекционных углов является повторное получение дирекционного угла начальной стороны, к которому приводит последовательное вычисление дирекционных углов всех сторон.

4.2. Уравнивание приращений координат пунктов:

Выписать в ведомость длины сторон четырехугольника.

Вычислить с точностью до 0,01м приращения координат по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha, \quad \Delta y = d \cdot \sin \alpha,$$

где Δx и Δy – приращения координат, d – горизонтальное проложение стороны, α – дирекционный угол стороны.

Определить невязки в приращениях координат отдельно по оси x и y . Теоретически сумма приращений координат в замкнутом полигоне должна быть равна нулю, т.е. $\sum \Delta x = 0$, $\sum \Delta y = 0$.

Практически из-за неизбежных ошибок измерений суммы приращений дадут невязки: $f_x = \sum \Delta x$, $f_y = \sum \Delta y$.

Вычислить абсолютную линейную невязку:

$$f_{abc} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Допустимость полученной невязки установить через относительную невязку, вычисленную по формуле:

$$f_{omn} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{P},$$

где P – периметр полигона.

Относительная невязка для замкнутого полигона не должна превышать 1:2000.

При соблюдении неравенства полученные невязки раскидываются по приращениям пропорционально длинам сторон

$$-\delta_{\Delta x} = \frac{f_{\Delta x} \cdot d}{P} \qquad -\delta_{\Delta y} = \frac{f_{\Delta y} \cdot d}{P}$$

Поправки вводят в приращения с обратным знаком невязки.

Контроль: сумма исправленных приращений должна быть равна нулю.

4.3. Вычисление координат пунктов четырехугольника:

По исправленным приращениям координат Δx и Δy , вычислить координаты вершин полигона X и Y с точностью до 0,01м по формуле:

$$X_n = X_{n-1} + \Delta x,$$

$$Y_n = Y_{n-1} + \Delta y.$$

Критерии оценки

Критерий	Баллы
Полнота анализа параметров	3
Глубина интерпретации результатов	5
Качество оформления отчета	2
Итого	10

Шкала оценки:

9–10 баллов — отлично (выявлены все проблемы, даны обоснованные рекомендации).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты в интерпретации).

5–6 баллов — удовлетворительно (поверхностный анализ).

Менее 5 — неудовлетворительно (критические ошибки в выводах).

Практическая работа № 8

УРАВНИВАНИЕ НИВЕЛИРНОЙ СЕТИ В СИСТЕМЕ КРЕДО ДАТ

Количество часов: 2

Цель: освоить базовые навыки работы в программном комплексе CREDO DAT для уравнивания нивелирной сети: создание проекта, ввод исходных данных и измерений, настройка и запуск уравнивания, анализ результатов.

Теоретическое обоснование:

Программный комплекс КРЕДО ДАТ (Диалоговый Автоматизированный Топограф) предназначен для обработки данных геодезических измерений, включая уравнивание сетей планово-высотного обоснования.

Основные этапы уравнивания:

Создание проекта и настройка параметров.

Ввод исходных данных (координаты и отметки реперов).

Ввод результатов полевых измерений (нивелирных ходов).

Настройка параметров уравнивания.

Запуск уравнивания и контроль его сходимости.

Анализ результатов (отчеты, ведомости, эскизы).

Исходные данные: предположим, мы проложили нивелирную сеть IV класса между тремя реперами (Рп1, Рп2, Рп3) и определили одну новую точку (Т1).

Исходные реперы:

Рп1: Отметка Н1 = 100.000 м

Рп2: Отметка Н2 = 105.250 м

Рп3: Отметка Н3 = 107.800 м

Измеренные нивелирные ходы:

Ход 1: Рп1 → Т1 → Рп2

Превышение Рп1-Т1: $h_1 = +3.455$ м

Превышение Т1-Рп2: $h_2 = +1.790$ м

Ход 2: Рп2 → Т1 → Рп3

Превышение Рп2-Т1: $h_3 = -1.795$ м (обратное направление, знак меняется)

Превышение Т1-Рп3: $h_4 = +2.550$ м

Ход работы

Шаг 1: Создание проекта в КРЕДО ДАТ

Запустите программу КРЕДО ДАТ.

Создайте новый проект: меню Файл → Создать.

В диалоговом окне укажите:

Имя проекта: Уравнивание нивелирной сети

Папка проекта: Выберите удобную директорию для сохранения.

Система координат: Укажите нужную систему (например, МСК-50 для вашего региона)

или выберите «Местная».

Единицы измерения: Метры.

Нажмите ОК.

Шаг 2: Ввод исходных пунктов (реперов)

В дереве проекта найдите пункт «Геодезическая основа». Щелкните правой кнопкой мыши и выберите Создать → Исходные пункты.

В открывшейся таблице введите данные исходных реперов. Для этого:

Нажмите кнопку Добавить необходимое количество раз (3 раза).

Заполните таблицу:

Имя	X (м)	Y (м)	H (м)	Класс
Рп1	5000	5000	100.000	IV
Рп2	5050	5100	105.250	IV
Рп3	5150	5000	107.800	IV

Координаты X, Y указаны условно, так как для нивелирования важны только отметки H.

Нажмите ОК для сохранения.

Шаг 3: Ввод нивелирных ходов и измерений

В дереве проекта щелкните правой кнопкой мыши на «Нивелирование» и выберите Создать → Нивелирный ход.

В открывшемся окне дайте ходу имя, например, Ход_1.

В поле «Тип нивелирования» выберите Нивелирование IV класса.

В разделе «Станции» необходимо ввести точки хода и измеренные превышения.

Способ 1 (Графический): Нажмите кнопку «Добавить точку». На эскизе щелкайте в местах предполагаемого расположения точек (Рп1, Т1, Рп2). Затем в таблице справа для каждого отрезка укажите измеренное превышение.

Способ 2 (Табличный): Более точный. В окне «Станции» нажмите кнопку «Таблица».

Заполните таблицу:

№	Имя точки	Превышение (м)	Расстояние (м)	Примечание
1	Рп1			Исходный репер
2	Т1	+3.455	200	Новая точка
3	Рп2	+1.790	150	Исходный репер

Нажмите ОК. Аналогично создайте второй ход Ход_2:

Шаг 4: Настройка и запуск уравнивания

В дереве проекта найдите пункт «Уравнивание». Щелкните правой кнопкой мыши и выберите «Создать».

В открывшемся диалоговом окне:

Имя: Уравнивание_1.

На вкладке «Общие» убедитесь, что выбраны все созданные нивелирные ходы.

На вкладке «Вертикальное» проверьте, что стоит галочка «Уравнивать».

На вкладке «Критерии» можно оставить критерии контроля по умолчанию (например, СКП на 1 км хода = 10 мм).

Нажмите ОК. Запустится процедура предварительного контроля. Если ошибок не найдено, в дереве проекта напротив «Уравнивание_1» появится зеленая галочка.

Щелкните правой кнопкой мыши на «Уравнивание_1» и выберите «Выполнить». Запустится процесс математического уравнивания по МНК.

Шаг 5: Анализ результатов уравнивания

После успешного завершения уравнивания проанализируйте отчеты.

Отчет об уравнивании: Щелкните правой кнопкой на «Уравнивание_1» → «Открыть» → «Отчет». Изучите основные разделы:

Введение: Состав сети.

Результаты уравнивания: Окончательные отметки точек. Найдите отметку точки Т1. Она будет вычислена с учетом всех измерений.

Точность уравнивания: обратите внимание на СКП уравненных отметок. Для точки Т1 она будет значительно меньше, чем для исходных данных, благодаря избыточным измерениям.

Невязки в ходах: убедитесь, что невязки не превышают допустимых значений ($f_h \text{ доп} = \pm 50\sqrt{L}$ (мм)). Программа распределила невязки автоматически.

Таблица невязок: просмотрите таблицу. Убедитесь, что все невязки малы и допустимы.

Ведомость высот: для получения аккуратного документа щелкните правой кнопкой на «Уравнивание_1» → «Открыть» → «Ведомость высот».

Эскиз сети: визуально оцените сеть на эскизе. Убедитесь, что все хода и точки отображаются корректно.

Критерии оценки

Критерий	Отлично (5)	Хорошо (4)	Удовлетворительно (3)	Неудовлетворительно (2)
1. Создание проекта и ввод исходных данных	Проект создан без ошибок, все исходные реперы введены корректно (имя, отметка, класс). Координаты заданы осмысленно.	Проект создан, исходные данные введены с 1-2 незначительными погрешностями (например, в имени или округлении).	Проект создан, но допущены существенные ошибки в исходных данных (неверные отметки, пропущены пункты).	Проект не создан или исходные данные введены полностью неверно.
2. Ввод измерений (нивелирных ходов)	Все хода созданы корректно. Превышения, расстояния и порядок точек указаны точно в соответствии с заданием.	Хода созданы, но допущены 1-2 ошибки (опечатка в превышении, неточное расстояние).	Допущены множественные ошибки при вводе ходов (неверные знаки превышений, нарушена последовательность точек).	Измерения не введены или введены полностью неверно, что делает уравнивание невозможным.
3. Настройка и запуск уравнивания	Параметры уравнивания заданы верно (выбраны все хода, указан правильный класс точности). Уравнивание выполнено.	Параметры заданы верно, но при запуске возникли 1-2 предупреждения, не влияющие на результат.	Параметры заданы с ошибками (не выбраны все хода), но уравнивание было запущено.	Уравнивание не было запущено из-за ошибок в настройках или данных.
4. Анализ результатов (работа с отчетами)	Полностью проанализирован отчет: найдена	Отчет проанализирован, но не указана СКП	Отчет открыт, но анализ поверхностный (только найдена	Отчет не проанализирован или студент не может найти и

Критерий	Отлично (5)	Хорошо (4)	Удовлетворительно (3)	Неудовлетворительно (2)
	отметка точки T1, ее СКП, проверены невязки (все допустимы).	или не все невязки проверены на допустимость.	итоговая отметка без анализа точности и невязок).	интерпретировать основные результаты.
5. Оформление и ответы на контрольные вопросы	Ответы на все вопросы полные, правильные, приведены конкретные числовые значения из отчета. Вывод сформулирован.	Ответы даны, но содержат неточности или не на все вопросы. Вывод есть, но неполный.	Ответы даны только на часть вопросов, содержат грубые ошибки. Вывод отсутствует или неверен.	Ответы на вопросы отсутствуют или полностью не соответствуют результатам работы.
6. Самостоятельность и время выполнения	Работа выполнена полностью самостоятельно в отведенное время.			

Шкала оценки:

«5» (Отлично): 85-100% от максимального результата. Все критерии выполнены на "отлично" или 1-2 критерия на "хорошо".

4» (Хорошо): 70-84% от максимального результата. Преобладают оценки "хорошо", допущено не более одного "удовлетворительно".

«3» (Удовлетворительно): 51-69% от максимального результата. Преобладают оценки "удовлетворительно", допущено не более одного "неудовлетворительно" по мелким критериям.

«2» (Неудовлетворительно): Менее 50% от максимального результата. Имеются несколько "неудовлетворительных" оценок по ключевым критериям (например, не выполнено уравнивание или не введены данные).

Практическая работа № 9

УРАВНИВАНИЕ ОДИНОЧНОГО ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА В СИСТЕМЕ КРЕДО ДАТ

Количество часов: 2

Теоретическая часть

Полигонометрический ход – это геодезическое построение, состоящее из последовательности точек (вершин хода), в которых измерены углы поворота и длины сторон.

Одиночный ход опирается на два исходных пункта с известными координатами и две исходные дирекционные стороны.

Задача уравнивания: Найти наиболее вероятные значения координат всех точек хода, минимизировав невязки в углах и координатах.

Основные этапы работы в КРЕДО DAT:

1. Создание проекта и настройка параметров.
2. Ввод исходных данных (координаты пунктов, дирекционные углы).
3. Ввод данных полевых измерений (точки хода, углы, стороны).
4. Настройка и запуск уравнивания.
5. Анализ результатов (отчеты, ведомости, эскизы).

Исходные данные: предположим, проложен полигонометрический ход 4-го класса между исходными пунктами А и В. Определяются координаты точек 1 и 2.

- Исходные пункты:
 - Пункт А: $X = 5000.000$ м; $Y = 5000.000$ м
 - Пункт В: $X = 5124.876$ м; $Y = 5050.321$ м
- Исходный дирекционный угол с пункта А на ориентирный пункт О:
 - $\alpha_{AO} = 45^{\circ}00'00''$
- Полевые измерения:
 - Углы поворота:
 - $\angle A$ (при исходном пункте) = $120^{\circ}00'30''$ (угол между направлением А-О и А-1)
 - $\angle 1 = 190^{\circ}00'40''$
 - $\angle 2 = 230^{\circ}00'50''$
 - $\angle B$ (при исходном пункте) = $140^{\circ}00'20''$ (угол между направлением 2-В и В-А)
 - Длины сторон:
 - Сторона А-1: 150.550 м
 - Сторона 1-2: 200.100 м
 - Сторона 2-В: 175.780 м

Ход работы

Шаг 1: Создание проекта в КРЕДО ДАТ

1. Запустите программу КРЕДО ДАТ.
2. Создайте новый проект: Файл → Создать.
3. В диалоговом окне укажите:
 - Имя проекта: Уравнивание полигонометрического хода
 - Папка проекта: Выберите директорию для сохранения.
 - Система координат: Укажите нужную систему или выберите «Местная».
 - Единицы измерения: Метры, град.
4. Нажмите ОК.

Шаг 2: Ввод исходных пунктов и дирекционных углов

1. В дереве проекта щелкните правой кнопкой мыши на «Геодезическая основа» → Создать → Исходные пункты.

2. Введите координаты пунктов А и В.

Имя	X (м)	Y (м)	Класс
А	5000.000	5000.000	IV
В	5124.876	5050.321	IV

3. Щелкните правой кнопкой мыши на «Геодезическая основа» → Создать → Исходные направления.

4. Задайте исходный дирекционный угол. Укажите:
 - Начальная точка: А
 - Конечная точка: О (если пункта О нет в базе, введите его имя и условные координаты, например, X=5050.000, Y=5050.000)
 - Дирекционный угол: 45°00'00"

Шаг 3: Ввод полигонометрического хода и измерений

1. В дереве проекта щелкните правой кнопкой мыши на «Полигонометрия» → Создать → Полигонометрический ход.

2. Дайте ходу имя, например, Ход_АВ.
3. В поле «Класс» выберите IV.
4. В разделе «Станции» нажмите кнопку «Таблица». Заполните таблицу последовательно, вводя точки хода и результаты измерений.

№	Имя точки	Гориз. угол (град)	Гориз. проложение (м)	Примечание
1	А			Исходный пункт
2	1	120°00'30"	150.550	Угол на точке А, сторона А-1
3	2	190°00'40"	200.100	Угол на точке 1, сторона 1-2
4	В	230°00'50"	175.780	Угол на точке 2, сторона 2-В
5	(В)	140°00'20"		Угол на точке В (закрывающий)

5. Примечание: В некоторых версиях ПО ввод углов может быть структурирован иначе (например, в отдельном столбце "Измерения"). Следуйте логике интерфейса.

6. Нажмите ОК для сохранения хода.

Шаг 4: Настройка и запуск уравнивания

1. В дереве проекта щелкните правой кнопкой мыши на «Уравнивание» → «Создать».

2. В диалоговом окне:

- Имя: Уравнивание_хода_AB.

- На вкладке «Общие» убедитесь, что созданный ход Ход_AB выбран для обработки.

- На вкладке «Плановое» проверьте, что стоит галочка «Уравнивать» и выбран соответствующий класс точности.

- На вкладке «Критерии» оставьте допустимые невязки по умолчанию для IV класса.

3. Нажмите ОК. Дождитесь завершения предварительного контроля (должна появиться зеленая галочка).

4. Запустите уравнивание: щелкните правой кнопкой мыши на Уравнивание_хода_AB → «Выполнить».

Шаг 5: Анализ результатов уравнивания

1. Откройте отчет об уравнивании: щелкните правой кнопкой на Уравнивание_хода_AB → «Открыть» → «Отчет».

2. Изучите ключевые разделы отчета:

- Вводные данные: Проверьте состав сети.

- Результаты уравнивания: Найдите уравненные координаты точек 1 и 2.

- Точность уравнивания: Обратите внимание на СКП положения определяемых точек.

- Невязки: Найдите угловую невязку (f_β) и невязки в приращениях координат (f_x, f_y). Убедитесь, что они не превышают допустимых значений для IV класса:

- $f_{\beta} \text{ доп} = 2m_{\beta} \sqrt{n}$ (где m_{β} – СКП измерения угла, n – число углов)

- $f_{\text{абс доп}} = \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)} \leq 1/2000 * P$ (где P – периметр хода)

3. Откройте «Ведомость координат» для получения итоговой таблицы.

4. Просмотрите эскиз сети, чтобы визуально убедиться в правильности построения.

Контрольные вопросы:

1. Каковы итоговые координаты точек 1 и 2?

2. Какие значения невязок (угловой и линейной) были получены в ходе? Являются ли они допустимыми?

3. Чему равны СКП планового положения точек 1 и 2 после уравнивания?

4. В чем состоит суть уравнивания по МНК и какие преимущества оно дает по сравнению с ручным расчетом?

Критерии оценки

Критерий	Отлично (5)	Хорошо (4)	Удовлетворительно (3)	Неудовлетворительно (2)
1. Создание проекта и ввод исходных данных	Проект создан корректно. Координаты исходных пунктов (А, В) и дирекционный угол введены без ошибок. Ориентирный пункт О задан правильно.	Проект создан. Исходные данные введены с 1-2 незначительными погрешностями и (округление, опечатка в имени).	Проект создан, но допущены ошибки в исходных данных (неверные координаты, пропущен дирекционный угол).	Проект не создан или исходные данные введены полностью неверно.
2. Ввод измерений (хода)	Ход создан без ошибок. Все точки, углы поворота и длины сторон введены в правильной последовательности и без искажений.	Ход создан. Допущены 1-2 незначительные ошибки (опечатка в длине стороны, небольшое искажение угла).	Допущены множественные ошибки (нарушена последовательность точек, неверные знаки углов, грубые ошибки в длинах).	Измерения не введены или введены так, что ход не может быть обработан.
3. Настройка и запуск уравнивания	Параметры уравнивания заданы верно (выбран нужный ход, указан правильный класс точности). Уравнивание выполнено без ошибок.	Параметры заданы верно, но при запуске возникли 1-2 предупреждения, не влияющие на результат.	Параметры заданы с ошибками (не выбран ход, неверный класс), но уравнивание было запущено.	Уравнивание не было запущено из-за ошибок в настройках или данных.
4. Анализ результатов	Полностью проанализирован отчет: найдены	Отчет проанализирован, но не	Отчет открыт, но анализ поверхностный	Отчет не проанализирован или студент не

Критерий	Отлично (5)	Хорошо (4)	Удовлетворительно (3)	Неудовлетворительно (2)
(работа с отчетами)	координаты точек 1 и 2, их СКП, проверены невязки (все допустимы). Дана правильная интерпретация.	указаны СКП или не все невязки проверены на допустимость.	(только найдены координаты без анализа точности и невязок).	может найти и интерпретировать основные результаты.
5. Оформление и ответы на контрольные вопросы	Ответы на все вопросы полные, правильные, приведены конкретные числовые значения из отчета. Вывод сформулирован.	Ответы даны, но содержат неточности или не на все вопросы. Вывод есть, но неполный.	Ответы даны только на часть вопросов, содержат грубые ошибки. Вывод отсутствует или неверен.	Ответы на вопросы отсутствуют или полностью не соответствуют результатам работы.
6. Самостоятельность и время выполнения	Работа выполнена полностью самостоятельно в отведенное время.	Работа выполнена самостоятельно, но с незначительными подсказками преподавателя.	Работа выполнена с существенной помощью преподавателя или с значительным превышением времени.	Работа не выполнена самостоятельно (полностью скопирована).

Шкала оценки:

«5» (Отлично): 85-100% от максимального результата. Все критерии выполнены на "отлично" или 1-2 критерия на "хорошо".

4» (Хорошо): 70-84% от максимального результата. Преобладают оценки "хорошо", допущено не более одного "удовлетворительно".

«3» (Удовлетворительно): 51-69% от максимального результата. Преобладают оценки "удовлетворительно", допущено не более одного "неудовлетворительно" по мелким критериям.

«2» (Неудовлетворительно): менее 50% от максимального результата. Имеются несколько "неудовлетворительных" оценок по ключевым критериям (например, не выполнено уравнивание или не введены данные).

Практическая работа № 10

УРАВНИВАНИЕ ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА С ОДНОЙ УЗЛОВОЙ ТОЧКОЙ В СИСТЕМЕ КРЕДО ДАТ

Количество часов: 2

Цель: освоить методику обработки и уравнивания сети полигонометрических ходов с узловой точкой в программном комплексе CREDO DAT. Научиться вводить данные из нескольких ходов, сходящихся в одной точке, выполнять совместное уравнивание и анализировать полученные результаты.

Теоретическая часть.

Узловая точка – это точка, в которой сходится три и более полигонометрических ходов. Её координаты определяются из нескольких наборов измерений, что повышает надежность и точность их определения.

Особенности уравнивания:

- Координаты узловой точки определяются из условий нескольких ходов
- Происходит автоматическое взвешивание результатов в зависимости от точности ходов
- Система уравнений становится более сложной, но и более robust

Основные этапы работы:

1. Создание проекта и настройка параметров
2. Ввод исходных пунктов и дирекционных углов
3. Создание и заполнение данных всех полигонометрических ходов
4. Настройка параметров уравнивания
5. Запуск уравнивания и анализ результатов

Исходные данные

Имеется сеть из трех полигонометрических ходов 4 класса, сходящихся в узловой точке **К**.

Исходные пункты:

- Пункт **А**: $X = 5000.000$ м; $Y = 5000.000$ м
- Пункт **В**: $X = 5150.000$ м; $Y = 4900.000$ м
- Пункт **С**: $X = 4850.000$ м; $Y = 5100.000$ м
- Пункт **Д**: $X = 5050.000$ м; $Y = 5200.000$ м

Исходные дирекционные углы:

- $\alpha_{AO} = 45^{\circ}00'00''$ (с пункта А на ориентир О)
- $\alpha_{BN} = 120^{\circ}00'00''$ (с пункта В на ориентир N)

Полевые измерения:

- **Ход 1 (А-К):**
 - УГЛЫ: $\beta_A = 85^\circ 30' 15''$, $\beta_1 = 175^\circ 20' 25''$, $\beta_K = 90^\circ 10' 35''$
 - Стороны: А-1 = 120.50 м, 1-К = 150.75 м
- **Ход 2 (В-К):**
 - УГЛЫ: $\beta_B = 95^\circ 15' 20''$, $\beta_2 = 185^\circ 05' 30''$, $\beta_K = 85^\circ 55' 40''$
 - Стороны: В-2 = 130.25 м, 2-К = 140.80 м
- **Ход 3 (С-К-Д):**
 - УГЛЫ: $\beta_C = 110^\circ 40' 50''$, $\beta_3 = 200^\circ 30' 10''$, $\beta_K = 105^\circ 20' 30''$, $\beta_4 = 190^\circ 10' 20''$
 - Стороны: С-3 = 110.60 м, 3-К = 125.40 м, К-4 = 135.20 м, 4-Д = 145.80 м

Ход работы

Шаг 1: Создание проекта и ввод исходных данных

1. Создайте новый проект «**Уравнивание сети с узловой точкой**»
2. Введите координаты всех исходных пунктов (А, В, С, D)
3. Задайте исходные дирекционные углы:

○ С пункта А на ориентир О (условные координаты: X=5050, Y=5050)

○ С пункта В на ориентир N (условные координаты: X=5200, Y=4850)

Шаг 2: Создание и заполнение полигонометрических ходов

Создайте три отдельных хода:

Ход 1 (А-К):

№	Точка	Угол поворота	Длина стороны (м)
1	А	-	-
2	1	$85^\circ 30' 15''$	120.50
3	К	$175^\circ 20' 25''$	150.75
4	(К)	$90^\circ 10' 35''$	-

Ход 2 (В-К):

№	Точка	Угол поворота	Длина стороны (м)
1	В	-	-
2	2	$95^\circ 15' 20''$	130.25
3	К	$185^\circ 05' 30''$	140.80
4	(К)	$85^\circ 55' 40''$	-

Ход 3 (С-К-D):

№	Точка	Угол поворота	Длина стороны (м)
1	С	-	-
2	3	110°40'50"	110.60
3	К	200°30'10"	125.40
4	4	105°20'30"	135.20
5	D	190°10'20"	145.80

Шаг 3: Настройка и запуск уравнивания

1. Создайте новый процесс уравнивания
2. Выберите все три созданных хода
3. Установите параметры уравнивания для IV класса
4. Запустите предварительный контроль
5. Выполните уравнивание

Шаг 4: Анализ результатов

Проанализируйте в отчете:

1. Координаты узловой точки К из разных ходов
2. Среднеквадратические погрешности координат точки К
3. Невязки в каждом ходе
4. Поправки к измерениям
5. Общую оценку точности сети

Контрольные вопросы

1. Каковы окончательные координаты узловой точки К?
2. Какова СКП определения координат точки К?
3. Какие невязки получились в каждом ходе? Допустимы ли они?
4. Как повлияло наличие нескольких ходов на точность определения координат узловой точки?
5. В чем преимущества совместного уравнивания нескольких ходов?

Критерии оценки

Критерий	5 баллов	4 балла	3 балла	2 балла
Ввод данных	Все данные введены верно	1-2 мелкие ошибки	Множественные ошибки	Данные введены неверно
Настройка уравнивания	Параметры заданы оптимально	Незначительные недочеты	Существенные ошибки	Настройки неверны
Анализ результатов	Полный анализ всех параметров	Анализ основных параметров	Поверхностный анализ	Анализ отсутствует
Ответы на вопросы	Полные и правильные ответы	Ответы с небольшими неточностями		

Шкала оценки:

«5» (Отлично): 85-100% от максимального результата. Все критерии выполнены на "отлично" или 1-2 критерия на "хорошо".

4» (Хорошо): 70-84% от максимального результата. Преобладают оценки "хорошо", допущено не более одного "удовлетворительно".

«3» (Удовлетворительно): 51-69% от максимального результата. Преобладают оценки "удовлетворительно", допущено не более одного "неудовлетворительно" по мелким критериям.

«2» (Неудовлетворительно): менее 50% от максимального результата. Имеются несколько "неудовлетворительных" оценок по ключевым критериям (например, не выполнено уравнивание или не введены данные).

Практическая работа № 11

УРАВНИВАНИЕ ТЕОДОЛИТНЫХ ХОДОВ В СИСТЕМЕ КРЕДО ДАТ

Количество часов: 4

Цель: освоить методику обработки и уравнивания теодолитных ходов в программном комплексе CREDO DAT. Научиться вводить данные измерений, выполнять уравнивание, анализировать результаты и оценивать точность определения координат.

Теоретическое обоснование:

Теодолитный ход – геодезическое построение, состоящее из последовательности точек, в которых измерены горизонтальные углы и длины сторон. Используется для создания съемочного обоснования.

Основные виды теодолитных ходов:

Разомкнутый (опирается на два исходных пункта)

Замкнутый (полигон)

Висячий (опирается на один исходный пункт)

Этапы уравнивания в CREDO DAT:

- Создание проекта
- Ввод исходных данных
- Создание и заполнение теодолитного хода
- Настройка параметров уравнивания
- Запуск уравнивания
- Анализ результатов

Исходные пункты:

Пункт А: $X = 5000.000$ м; $Y = 5000.000$ м

Пункт В: $X = 5124.876$ м; $Y = 5050.321$ м

Исходный дирекционный угол с пункта А на пункт В: $\alpha_{AB} = 45^{\circ}00'00''$

Измерения в теодолитном ходе (А-1-2-В):

№ станции	Измеренный угол	Горизонтальное проложение, м
А		
1	120°00'30"	150.550
2	190°00'40"	200.100
В	230°00'50"	175.780

Ход работы

Шаг 1: Создание проекта

Запустите КРЕДО DAT

Создайте новый проект: Файл → Создать

Задайте параметры:

Имя проекта: "Уравнивание теодолитного хода"

Система координат: Местная или соответствующая вашим данным

Единицы измерения: метры, градусы

Шаг 2: Ввод исходных данных

В дереве проекта: Геодезическая основа → Правой кнопкой → Создать → Исходные пункты

Введите координаты пунктов А и В:

Имя	X, м	Y, м
А	5000.000	5000.000
В	5124.876	5050.321

Задайте исходное направление: Геодезическая основа → Создать → Исходные направления

Начальная точка: А

Конечная точка: В

Дирекционный угол: 45°00'00"

Шаг 3: Создание теодолитного хода

Полигонометрия → Правой кнопкой → Создать → Теодолитный ход

Задайте параметры:

Имя хода: "Ход А-1-2-В"

Класс точности: IV класс

Заполните таблицу измерений:

№	Точка	Угол поворота	Длина стороны, м
1	А		
2	1	120°00'30"	150.550
3	2		

Критерии оценивания

Критерий	Баллы
Полнота анализа параметров уравнивания	3
Корректность оценки точности	3
Глубина интерпретации результатов	2
Качество оформления отчета	2
Итого	10

Шкала оценки:

9–10 — отлично (можно подавать на конкурс).

7–8 — хорошо (незначительные недочеты).

5–6 — удовлетворительно (требует доработки).

<5 — неудовлетворительно (переделать).

Практическая работа № 12

УРАВНИВАНИЕ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ СЕТИ В СИСТЕМЕ КРЕДО ДАТ

Количество часов: 4

Цель: освоить методику обработки и уравнивания линейно-угловой сети в программном комплексе CREDO DAT. Научиться вводить данные измерений, выполнять уравнивание, анализировать результаты и оценивать точность определения координат.

Теоретическое обоснование:

Линейно-угловая сеть - геодезическая сеть, в которой измеряются как углы, так и длины сторон. Такие сети обладают высокой точностью и надежностью.

Особенности уравнивания в CREDO DAT:

- Автоматическое построение математической модели сети.
- Одновременная обработка угловых и линейных измерений.
- Оценка точности по методу наименьших квадратов (МНК).
- Возможность работы с сетями любой сложности.

Основные этапы работы:

1. Подготовка исходных данных.
2. Создание проекта и ввод данных.
3. Настройка параметров уравнивания.
4. Запуск и контроль процесса уравнивания.
5. Анализ результатов и оформление отчета.

Исходные пункты:

- Пункт **А**: $X = 1000.000$ м; $Y = 1000.000$ м
- Пункт **В**: $X = 1124.876$ м; $Y = 1050.321$ м

Исходные направления:

- С пункта А на пункт В: $\alpha_{AB} = 45^{\circ}00'00''$

Результаты измерений:

Углы:

- $\angle A = 60^{\circ}00'15''$
- $\angle 1 = 120^{\circ}00'30''$
- $\angle 2 = 90^{\circ}00'45''$
- $\angle 3 = 85^{\circ}00'20''$
- $\angle 4 = 95^{\circ}00'35''$
- $\angle B = 110^{\circ}00'50''$

Длины сторон (м):

- А-1 = 150.550
- 1-2 = 120.780

- 2-B = 130.450
- 1-3 = 100.320
- 3-4 = 110.670
- 4-2 = 105.890

Ход работы

Шаг 1: Подготовка проекта

1. Запустите **CREDO DAT**
2. Создайте новый проект: **Файл** → **Создать**
3. Настройте параметры:
 - **Имя:** "Линейно-угловая сеть"
 - **Система координат:** Местная
 - **Единицы:** метры, градусы

Шаг 2: Ввод исходных данных

1. **Геодезическая основа** → **Исходные пункты:**
 А: X = 1000.000, Y = 1000.000
 В: X = 1124.876, Y = 1050.321
2. **Исходные направления:**
 - От А до В: 45°00'00"

Шаг 3: Создание сети

1. Полигонометрия → Создать → Линейно-угловая сеть
2. Введите точки и измерения:

Таблица точек:

Точка	X	Y	Тип
А	1000.000	1000.000	Исходная
В	1124.876	1050.321	Исходная
1			Определяемая
2			Определяемая
3			Определяемая
4			Определяемая

Таблица измерений:

От	До	Угол, град	Длина, м
А	1	60°00'15"	150.550
1	2	120°00'30"	120.780
2	В	110°00'50"	130.450
1	3	85°00'20"	100.320
3	4	95°00'35"	110.670
4	2	90°00'45"	105.890

Шаг 4: Настройка уравнивания

1. **Уравнивание** → **Создать**
2. Параметры:
 - **Имя:** "Уравнивание ЛУС"
 - **Тип:** Полное уравнивание
 - **Критерии:** IV класс точности
 - **Вес измерений:** Автоматическое определение
3. **Настройки точности:**
 - Углы: $m\beta = 5''$
 - Длины: $m_s = 5 \text{ мм} + 5 \text{ ppm}$

Шаг 5: Запуск уравнивания

1. Проверка сети: **Правой кнопкой** → **Проверить**
2. Запуск: **Правой кнопкой** → **Выполнить**
3. Контроль процесса:
 - Сходимость итераций
 - Величина невязок
 - Изменение поправок

Шаг 6: Анализ результатов

В отчете проанализируйте:

1. **Координаты пунктов:**
 - Окончательные значения
 - СКП положения
2. **Точность измерений:**
 - СКП угловых измерений

- СКП линейных измерений
- Ковариационная матрица

3. Невязки:

- Угловые невязки
- Линейные невязки
- Относительные невязки

4. Графические результаты:

- Схема сети
- Эллипсы ошибок
- Распределение поправок

Контрольные вопросы

1. Каковы окончательные координаты всех определяемых точек?
2. Какова точность определения координат каждой точки?
3. Какие получены невязки в измерениях?
4. Как распределились поправки по измерениям?
5. Соответствует ли точность сети требованиям IV класса?

Критерии оценки

Критерий	Баллы	Описание
Полнота ввода данных	0-2	Все данные введены правильно
Корректность настроек	0-2	Параметры уравнивания заданы верно
Качество анализа	0-3	Глубокий анализ всех параметров
Оформление отчета	0-2	Четкость и полнота отчета
Ответы на вопросы	0-1	Правильные и полные ответы

Шкала оценки:

- 9–10 — отлично (можно подавать на конкурс).
 7–8 — хорошо (незначительные недочеты).
 5–6 — удовлетворительно (требует доработки).
 <5 — неудовлетворительно (переделать).

Практическая работа № 13

УРАВНИВАНИЕ ТРИАНГУЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ КРЕДО ДАТ

Количество часов: 4

Цель: освоить методику обработки и уравнивания сети триангуляции в программном комплексе CREDO DAT. Научиться вводить данные угловых измерений, выполнять уравнивание, анализировать результаты и оценивать точность определения координат.

Теоретическое обоснование:

Триангуляция - метод построения геодезической сети, основанный на измерении углов в треугольниках. Измеряются все углы в каждом треугольнике сети, а длина одной стороны (базиса) должна быть известна.

Особенности уравнивания триангуляции в CREDO DAT:

- Уравнивание по методу наименьших квадратов (МНК)
- Учет геометрических условий (условия фигур, горизонта, полюса)
- Оценка точности угловых измерений
- Вычисление координат всех пунктов сети

Основные этапы работы:

1. Подготовка исходных данных
2. Создание проекта и ввод данных
3. Настройка параметров уравнивания
4. Запуск и контроль процесса уравнивания
5. Анализ результатов и оформление отчета
6. Запуск и контроль процесса уравнивания.
7. Анализ результатов и оформление отчета.

Исходные пункты:

- Пункт А: $X = 1000.000$ м; $Y = 1000.000$ м
- Пункт В: $X = 1200.000$ м; $Y = 1000.000$ м

Исходные данные:

- Длина базиса АВ = 200.000 м
- Дирекционный угол $\alpha_{AB} = 0^{\circ}00'00''$

Результаты угловых измерений:

Треугольник ABC:

- $\angle A = 60^{\circ}00'15''$
- $\angle B = 60^{\circ}00'30''$
- $\angle C = 59^{\circ}59'45''$

Треугольник BCD:

- $\angle B = 55^{\circ}00'20''$

- $\angle C = 65^{\circ}00'35''$
- $\angle D = 60^{\circ}00'05''$

Треугольник ACD:

- $\angle A = 50^{\circ}00'10''$
- $\angle C = 70^{\circ}00'25''$
- $\angle D = 60^{\circ}00'15''$

Ход работы

Шаг 1: Создание проекта

1. Запустите CREDO DAT
2. Создайте новый проект: Файл → Создать
3. Настройте параметры:
 - Имя проекта: "Триангуляция"
 - Система координат: Местная
 - Единицы измерения: метры, градусы, секунды

Шаг 2: Ввод исходных данных

1. Геодезическая основа → Исходные пункты:

A: X = 1000.000, Y = 1000.000

B: X = 1200.000, Y = 1000.000

2. Исходные направления:

- От A до B: $0^{\circ}00'00''$
- Длина AB: 200.000 м

Шаг 3: Создание сети триангуляции

1. Триангуляция → Создать → Новая сеть
2. Введите пункты сети:
 - A, B (исходные)
 - C, D (определяемые)
3. Добавьте треугольники:
 - Треугольник ABC
 - Треугольник BCD
 - Треугольник ACD
4. Введите угловые измерения:

Таблица измерений:

Треугольник	Угол при точке	Значение угла
ABC	A	60°00'15"
ABC	B	60°00'30"
ABC	C	59°59'45"
BCD	B	55°00'20"
BCD	C	65°00'35"
BCD	D	60°00'05"
ACD	A	50°00'10"
ACD	C	70°00'25"
ACD	D	60°00'15"

Шаг 4: Настройка уравнивания

1. Уравнивание → Создать → Уравнивание триангуляции
2. Параметры уравнивания:
 - Метод: МНК
 - Вес измерений: обратно пропорционально квадрату СКП
 - СКП измерения угла: 5"
 - Критерии сходимости: 0.001 м
3. Геометрические условия:
 - Условия фигур (сумма углов в треугольниках)
 - Условия полюса
 - Условия сторон

Шаг 5: Запуск уравнивания

1. Проверка сети: Правой кнопкой → Проверить геометрию
2. Запуск уравнивания: Правой кнопкой → Выполнить
3. Контроль процесса:
 - Количество итераций
 - Изменение поправок
 - Величина невязок

Шаг 6: Анализ результатов

В отчете об уравнивании проанализируйте:

1. Координаты пунктов:

○ С: $X = \underline{\hspace{2cm}}$, $Y = \underline{\hspace{2cm}}$, $m = \underline{\hspace{2cm}}$

○ D: $X = \underline{\hspace{2cm}}$, $Y = \underline{\hspace{2cm}}$, $m = \underline{\hspace{2cm}}$

2. Точность измерений:

○ СКП угловых измерений: $\underline{\hspace{2cm}}$

○ СКП положения пунктов: $\underline{\hspace{2cm}}$

○ Эллипсы ошибок: $\underline{\hspace{2cm}}$

3. Невязки в треугольниках:

○ Треугольник ABC: $\omega = \underline{\hspace{2cm}}$

○ Треугольник BCD: $\omega = \underline{\hspace{2cm}}$

○ Треугольник ACD: $\omega = \underline{\hspace{2cm}}$

4. Поправки к измерениям:

○ Максимальная поправка: $\underline{\hspace{2cm}}$

○ Средняя поправка: $\underline{\hspace{2cm}}$

5. Относительная ошибка базиса:

○ До уравнивания: $\underline{\hspace{2cm}}$

○ После уравнивания: $\underline{\hspace{2cm}}$

Контрольные вопросы

1. Каковы окончательные координаты пунктов С и D?

2. Какова точность определения координат каждого пункта?

3. Какие невязки получены в треугольниках?

4. Как распределились поправки по измерениям?

5. Соответствует ли точность сети требованиям III класса?

Критерии оценки

Критерий	Баллы	Описание
Полнота ввода данных	0-2	Все данные введены правильно
Корректность настроек	0-2	Параметры уравнивания заданы верно
Качество анализа	0-3	Глубокий анализ всех параметров
Оформление отчета	0-2	Четкость и полнота отчета
Ответы на вопросы	0-1	Правильные и полные ответы

Шкала оценки:

9–10 — отлично (можно подавать на конкурс).

7–8 — хорошо (незначительные недочеты).

5–6 — удовлетворительно (требуется доработка).

<5 — неудовлетворительно (переделать).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся

Перечень самостоятельных работ по МДК.01.01 Проектирование и создание геодезических опорных, специального назначения, нивелирных, гравиметрических сетей

№ п/п	Содержание самостоятельных работ	Количество часов
1.	Самостоятельная работа № 1. Геодезические работы при выносе проекта в натуру	2
2.	Самостоятельная работа № 2. Геодезические сети специального назначения	2
	Самостоятельная работа № 3. Основы гравиметрии	10
	Всего	14

Самостоятельная работа № 1

Тема 1.2. Геодезические работы при выносе проекта в натуру:

Количество часов: 2

Цель: закрепление теоретических знаний по теме «Геодезические работы при выносе проекта в натуру».

Задание: повторить лекционный материал, изучить учебную литературу по теме «Геодезические работы при выносе проекта в натуру» и подготовить реферат с презентацией по темам:

1. Виды высокоточных и точных геодезических приборов, применяемых в высшей геодезии.
2. Вклад советских ученых в высшую геодезию.

Форма(формы) контроля: устный опрос, выступление с рефератом по презентации.

Критерии оценки за самостоятельную работу (устный опрос):

«Отлично» (5 баллов) - ответы на вопросы даны полностью и правильно. При ответе присутствуют причинно- следственные связи.

«Хорошо» (4 балла) -в ответах на вопросы присутствуют неточности или отсутствуют некоторые моменты. При ответе не всегда присутствуют причинно- следственные связи.

«Удовлетворительно» (3 балла) - ответы на вопросы даны частично.

«Неудовлетворительно» (2 балла) - ответы на вопросы даны неправильные, либо ответ содержит менее половины правильного ответа.

Критерии оценки за самостоятельную работу (выступление):

«Отлично» (5 баллов) – презентация оформлена по шаблону, выступление полностью соответствует теме реферата, в докладе отображены все опорные моменты. При ответе на вопросы присутствуют причинно-следственные связи.

«Хорошо» (4 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление соответствует теме реферата, в докладе отображены все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не полностью.

«Удовлетворительно» (3 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление частично соответствует теме реферата, в докладе отображены не все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не верно.

«Неудовлетворительно» (2 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление не соответствует теме реферата, в докладе отображены не все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не верно.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Лекционный материал
2. Интернет-ресурсы

Самостоятельная работа №2

Тема 1.3. Геодезические сети специального назначения:

Количество часов: 2

Цель: закрепление теоретических знаний по теме «**Геодезические сети специального назначения**».

Задание: повторить лекционный материал, оформить практическую работу, изучить учебную литературу по теме «**Геодезические сети специального назначения**» и подготовить реферат с презентацией по темам:

1. Методы создания сетей специального назначения и их применение в различных условиях.

Форма(формы) контроля: устный опрос, выступление с рефератом по презентации.

Критерии оценки за самостоятельную работу (устный опрос):

«Отлично» (5 баллов) - ответы на вопросы даны полностью и правильно. При ответе присутствуют причинно- следственные связи.

«Хорошо» (4 балла) -в ответах на вопросы присутствуют неточности или отсутствуют некоторые моменты. При ответе не всегда присутствуют причинно- следственные связи.

«Удовлетворительно» (3 балла) - ответы на вопросы даны частично.

«Неудовлетворительно» (2 балла) - ответы на вопросы даны неправильные, либо ответ содержит менее половины правильного ответа.

Критерии оценки за самостоятельную работу (выступление):

«Отлично» (5 баллов) – презентация оформлена по шаблону, выступление полностью соответствует теме реферата, в докладе отображены все опорные моменты. При ответе на вопросы присутствуют причинно-следственные связи.

«Хорошо» (4 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление соответствует теме реферата, в докладе отображены все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не полностью.

«Удовлетворительно» (3 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление частично соответствует теме реферата, в докладе отображены не все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не верно.

«Неудовлетворительно» (2 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление не соответствует теме реферата, в докладе отображены не все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не верно.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

2. Лекционный материал
3. Интернет-ресурсы

Самостоятельная работа №3

Тема 1.4. Основы гравиметрии:

Количество часов: 10

Цель: закрепление теоретических знаний по теме **«Основы гравиметрии»**.

Задание: повторить лекционный материал, оформить практическую работу, изучить учебную литературу по теме **«Основы гравиметрии»** и подготовить реферат с презентацией по темам:

1. История гравиметрии.
2. Системы высот применяемые в гравиметрии

Форма(формы) контроля: устный опрос, выступление с рефератом по презентации.

Критерии оценки за самостоятельную работу (устный опрос):

«Отлично» (5 баллов) - ответы на вопросы даны полностью и правильно. При ответе присутствуют причинно- следственные связи.

«Хорошо» (4 балла) -в ответах на вопросы присутствуют неточности или отсутствуют некоторые моменты. При ответе не всегда присутствуют причинно- следственные связи.

«Удовлетворительно» (3 балла) - ответы на вопросы даны частично.

«Неудовлетворительно» (2 балла) - ответы на вопросы даны неправильные, либо ответ содержит менее половины правильного ответа.

Критерии оценки за самостоятельную работу (выступление):

«Отлично» (5 баллов) – презентация оформлена по шаблону, выступление полностью соответствует теме реферата, в докладе отображены все опорные моменты. При ответе на вопросы присутствуют причинно-следственные связи.

«Хорошо» (4 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление соответствует теме реферата, в докладе отображены все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не полностью.

«Удовлетворительно» (3 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление частично соответствует теме реферата, в докладе отображены не все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не верно.

«Неудовлетворительно» (2 балла) - презентация оформлена по шаблону, выступление не соответствует теме реферата, в докладе отображены не все опорные моменты. При ответе на вопросы частично присутствуют причинно-следственные связи или ответы на вопросы даны не верно.

**Методические указания
по выполнению самостоятельной работы обучающихся**

Перечень самостоятельных работ по МДК.01.02 Математическая обработка результатов геодезических измерений

№ п/п	Содержание самостоятельных работ	Количество часов
1.	Самостоятельная работа № 1. Уравнивание результатов измерений	4
2.	Самостоятельная работа № 2. Уравнивание результатов измерений	6
3.	Самостоятельная работа № 3. Уравнивание результатов измерений	6
4.	Самостоятельная работа № 4 Уравнивание результатов измерений	6
5.	Самостоятельная работа № 4 Уравнивание результатов измерений	6
	Всего	28

Самостоятельная работа № 1

Тема 2.4. Уравнивание результатов измерений:

Количество часов: 4

Цель: освоить основные понятия и методы уравнивания геодезических измерений, научиться применять математические подходы для обработки результатов измерений, приобрести навыки анализа точности и оценки погрешностей.

Задание:

1. Расчет невязок:
 - Даны результаты измерений углов в замкнутом теодолитном ходе. Рассчитать угловую невязку и распределить её.
 - Пример:
 - Измеренные углы: $89^{\circ}30'$, $90^{\circ}15'$, $89^{\circ}45'$, $90^{\circ}30'$ (теоретическая сумма для 4 углов = 360°).
 - Невязка: $f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - 360^{\circ}$
2. Уравнивание методом МНК (упрощенный вариант):
 - Даны измерения расстояний между пунктами с разной точностью. Выполнить уравнивание и найти вероятнейшие значения.
 - Пример:
 - Измерения: $S_1 = 100.50 \text{ м}$ ($m_1 = 0.02 \text{ м}$)
 $S_2 = 100.45 \text{ м}$ ($m_2 = 0.03 \text{ м}$)
 - Найти средневзвешенное значение.

3. Оценка точности:

- Рассчитать СКП единицы веса после уравнивания.
- Пример:
 - Даны невязки $v_1=+0.05$ м, $v_2=-0.03$ м, $v_3=+0.01$ м.
 - Формула: $m_0 = \sqrt{\frac{[vv]}{n}}$, где n — число избыточных измерений.

Критерии оценки за самостоятельную работу:

Критерий	Баллы
Полнота изучения теоретического материала	3
Правильность решения задач	5
Умение применять ПО для расчетов	2
Итого	10

9–10 баллов — отлично (все задания выполнены, нет ошибок).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты).

5–6 баллов — удовлетворительно (есть грубые ошибки).

Менее 5 — неудовлетворительно (материал не усвоен).

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Лекционный материал

Самостоятельная работа № 2

Тема 2.4. Уравнивание результатов измерений:

Количество часов: 6

Цель: освоить основные понятия и методы уравнивания геодезических измерений, научиться применять математические подходы для обработки результатов измерений, приобрести навыки анализа точности и оценки погрешностей.

Теоретическая часть

Ключевые вопросы для изучения:

1. **Виды геодезических измерений:**
 - Угловые (теодолитные, тахеометрические).
 - Линейные (ленточные, электронные, светодальномерные).
 - Нивелирные (геометрическое, тригонометрическое).
2. **Требования к полевым данным:**
 - Точность измерений в соответствии с классом работ.

- Правила записи в журналы (единицы, округления, исправления).
- Контрольные измерения (двойные углы, повторные нивелирования).

3. **Форматы данных:**

- Бумажные журналы (стандартные формы).
- Электронные форматы (CSV, TXT, форматы приборов Leica, Sokkia и др.).

Рекомендуемые источники:

- ГОСТ Р 51872-2019 "Геодезические работы. Правила выполнения измерений".
- Инструкция по топографической съемке масштабов 1:500–1:5000.
- Руководства пользователя для геодезического оборудования.

Задания для самостоятельного выполнения:

1. **Работа с полевыми журналами:**

- Разберите пример журнала теодолитной съемки. Проверьте:
 - Правильность записи углов и расстояний.
 - Наличие контрольных измерений.
 - Расчет невязок на месте.

2. **Подготовка данных для уравнивания:**

- Переведите данные из журнала в электронную таблицу (Excel).
- Проведите предварительный контроль:
 - Сумма углов в полигоне.
 - Разности превышений в нивелирном ходе.

3. **Конвертация форматов:**

- Загрузите данные с электронного тахеометра в программу (КРЕДО ДАТ, AutoCAD).
- Проверьте корректность импорта координат и высот.

2. Методика выполнения работы

2.1. Сбор данных

1. **Для теодолитного хода:**

- Убедитесь, что измерены все углы и расстояния.
- Проверьте привязку к исходным пунктам.

2. **Для нивелирования:**

- Контролируйте количество станций и связующих точек.
- Проверьте равенство "задний – передний" на станции.

3. **Для тахеометрической съемки:**

- Проверьте наличие кодов пикетов.
- Убедитесь, что все точки имеют измерения высот.

2.2. Подготовка данных

1. Оцифровка журналов:

- Создайте таблицу в Excel с колонками: "Номер точки", "Угол", "Расстояние", "Примечания".

2. Контроль качества:

- Вычислите невязки на месте (например, угловую в полигоне).
- Исключите грубые погрешности (пропущенные измерения, перепутанные точки).

3. Экспорт в ПО:

- Сохраните данные в формате, совместимом с программой уравнивания (например, CSV для КРЕДО ДАТ).

3. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие измерения обязательно выполняются в теодолитном ходе?
2. Как проверить качество полевых данных перед уравниванием?
3. Какие форматы данных поддерживает КРЕДО ДАТ?
4. Почему важно проводить контрольные измерения?
5. Как исправить ошибку в журнале без нарушения целостности данных?

4. Формы отчетности

1. Оформленная таблица данных (Excel или аналоги).
2. Отчет о проверке журнала с указанием выявленных ошибок.
3. Скриншоты экрана программы с загруженными данными.

Критерии оценки

Критерий	Баллы
Полнота сбора данных	3
Корректность подготовки данных	4
Качество контроля измерений	2
Оформление отчета	1
Итого	10

Шкала оценки:

9–10 баллов — отлично (данные готовы к уравниванию).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты).

5–6 баллов — удовлетворительно (требуется доработка).

Менее 5 — неудовлетворительно (данные не пригодны для обработки).

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. ГОСТ Р 51872-2019 "Геодезические работы. Правила выполнения измерений".
2. Инструкция по топографической съемке масштабов 1:500–1:5000.
3. Руководства пользователя для геодезического оборудования.

Самостоятельная работа № 3

Тема 2.4. Уравнивание результатов измерений:

Количество часов: 6

Цель: научиться анализировать результаты уравнивания геодезических измерений, освоить методы оценки точности и достоверности полученных данных, приобрести навыки интерпретации результатов для принятия проектных решений.

Теоретическая часть

Ключевые вопросы для изучения:

1. Основные параметры анализа:
 - Невязки (угловые, линейные, высотные) и их допустимые значения.
 - Средние квадратические погрешности (СКП) уравненных величин.
 - Обратные веса и их роль в оценке точности.
2. Критерии качества уравнивания:
 - Соответствие невязок нормативным требованиям (ГОСТ, инструкции).
 - Анализ распределения поправок (наличие систематических ошибок).
 - Оценка устойчивости сети (чувствительность к ошибкам измерений).
3. Визуализация результатов:
 - Построение схем сетей с отображением невязок.
 - Графики распределения погрешностей.

Задания для самостоятельного выполнения:

1. Анализ невязок:
 - Для теодолитного хода:
 - Рассчитайте относительную невязку f_{SS}/S .
 - Сравните с допустимой (напр., 1:2000 для съемки 1:500).
 - Для нивелирного хода:

- Проверьте невязку f_h/f_h по формуле $f_h \leq 50L$, $f_h \leq 50L$ мм (L — длина хода в км).

2. Оценка точности:

- Вычислите СКП единицы веса m_0 по формуле:

$$m_0 = \sqrt{[vv]/r}, m_0 = \sqrt{[vv]},$$

где vv — поправки, r — число избыточных измерений.

- Определите СКП координат пунктов из отчета программы уравнивания.

3. Интерпретация результатов:

- Выявите пункты с наибольшими погрешностями.
- Предложите причины ошибок (например, слабая геометрия сети, приборные погрешности).

Методика выполнения работы

1. Параметры уравнивания:

- Невязки и их распределение.
- СКП уравненных координат и высот.
- Матрица весовых коэффициентов.

2. Контрольные графики:

- График поправок к измерениям (должны быть случайными, без тренда).
- Схема сети с подписанными погрешностями положений пунктов.

Выявление проблемных участков

1. Анализ грубых ошибок:

- Измерения с поправками $> 3m_0$ требуют проверки.
- Пример: если СКП угла $m_\beta = 5''$, а поправка $v = 20''$ — ошибка в журнале.

2. Оценка геометрии сети:

- Слабо обусловленные фигуры (например, вытянутые треугольники в триангуляции).
- Недостаток избыточных измерений.

Формы отчетности

1. Таблицы с результатами анализа (невязки, СКП, поправки).

2. Графические материалы:

- Схема сети с погрешностями.
- Гистограмма распределения поправок.

3. Письменный вывод (1–2 страницы) с интерпретацией.

Критерии оценки

Критерий	Баллы
Полнота анализа параметров уравнивания	3
Корректность оценки точности	3
Глубина интерпретации результатов	2
Качество оформления отчета	2
Итого	10

9–10 баллов — отлично (выявлены все проблемы, даны обоснованные рекомендации).

7–8 баллов — хорошо (незначительные недочеты в интерпретации).

5–6 баллов — удовлетворительно (поверхностный анализ).

Менее 5 — неудовлетворительно (критические ошибки в выводах).

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Лекционный материал

Самостоятельная работа № 4

Тема 2.4. Уравнивание результатов измерений:

Количество часов: 6

Цель: научиться грамотно оформлять курсовой проект в соответствии с ГОСТ и требованиями учебного заведения, систематизировать результаты геодезических расчетов, графические материалы и выводы, развить навыки академического письма и визуального представления данных.

Задание:

Подготовка материалов

1. Собрать все данные: полевые журналы, распечатки из ПО, черновики расчетов.
2. Систематизировать информацию по разделам.

Написание текста

1. Начать с практической части (расчеты легче описать, чем теорию).
2. Добавить теоретические обоснования.
3. Проиллюстрировать каждый этап примерами.

Оформление графики

1. Создать схемы в AutoCAD или КРЕДО ТОПОПЛАН.
2. Экспортировать в JPEG/PNG (разрешение не менее 300 dpi).

Проверка

1. Проверить соответствие ГОСТ (оформление списка литературы, заголовков).
2. Убедиться, что все формулы и таблицы подписаны.

Форма(формы) контроля: проверка написанного курсового проекта

Критерии оценивания

Критерий	Баллы
Соответствие структуры	2
Правильность оформления	3
Глубина проработки темы	3
Качество графики	2
Итого	10

9–10 — отлично (можно подавать на конкурс).

7–8 — хорошо (незначительные недочеты).

5–6 — удовлетворительно (требует доработки).

<5 — неудовлетворительно (переделать).

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Лекционный материал
2. Методические рекомендации по оформлению

Самостоятельная работа № 5

Тема 2.4. Уравнивание результатов измерений:

Количество часов: 6

Цель: систематизировать знания по теме курсового проекта, научиться эффективно представлять результаты исследования, подготовиться к ответам на вопросы.

Задание:

1. **Проверка логики изложения:**
 - Соответствие структуры (введение, цели, методы, результаты, выводы).

- Связь между теоретической и практической частями.

2. Контроль расчетов и графики:

- Перепроверить все вычисления.
- Убедиться, что схемы и чертежи подписаны и соответствуют тексту.

3. Уникальность текста:

- Проверить проект в системе «Антиплагиат» (минимум 70% оригинальности).

1.2. Подготовка презентации

1. Структура презентации (PowerPoint, 10–12 слайдов):

- Титульный слайд (тема, ФИО, руководитель).
- Актуальность и цели (1–2 слайда).
- Методы исследований (1 слайд).
- Основные результаты (3–4 слайда с таблицами/графиками).
- Выводы и рекомендации (1 слайд).

2. Требования к оформлению:

- Шрифт: не менее 24 пт для текста, 32–44 пт для заголовков.
- Минимум текста — только тезисы и ключевые цифры.
- Использование схем, фотографий, графиков.

Составление доклада

- Объем: 5–7 минут.

Структура выступления:

1. Введение(1мин):

Основная часть (3–4 мин):

- Методы (какие измерения выполнялись, ПО).
- Результаты (основные цифры: невязки, СКП).

2. Заключение(1мин):

Этапы самостоятельной работы

Репетиция защиты

1. Устный доклад:

- Проговорить текст перед зеркалом или записать на видео.
- Следить за темпом речи (120–150 слов в минуту).

2. Работа с вопросами:

- Составить список возможных вопросов.
- Продумать краткие и четкие ответы.

Форма(формы) контроля: защита курсового проекта

Критерии оценки за самостоятельную работу:

Критерий	Баллы
Содержательность доклада	3
Качество презентации	2
Ответы на вопросы	3
Оформление материалов	2
Итого	10

9–10 — отлично (доклад уверенный, ответы исчерпывающие).

7–8 — хорошо (незначительные затруднения при ответах).

5–6 — удовлетворительно (слабая аргументация).

<5 — неудовлетворительно (не раскрыта тема).

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Контрольно-оценочные средства промежуточной аттестации

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету, экзамену по МДК.01.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения

1. Геоид, квазигеоид и земной эллипсоид.
2. Связь высшей геодезии с другими науками.
3. Системы координат в высшей геодезии.
4. Классификация систем координат.
5. Система геодезических координат.
6. Система пространственных прямоугольных координат.
7. Система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
8. Преобразование координат из одной системы в другую.
9. Решение главных геодезических задач на поверхности эллипсоида.
10. Порядок решения прямой геодезической задачи на поверхности эллипсоида.
11. Порядок решения обратной геодезической задачи на поверхности эллипсоида.
12. Современные требования к решению главной геодезической задачи.
13. Проекции, применяемые в геодезии.
14. Применение плоских координат в геодезии.
15. Практика применения проекции Гаусса-Крюгера.
16. Выбор проекции.
17. Современные требования к геодезическим проекциям.
18. Классификация геодезических сетей.
19. Назначение геодезических сетей.
20. Плотность и точность построения ГГС.
21. Методы построения плановых геодезических сетей.
22. Спутниковые методы создания геодезических сетей.
23. Схемы и программы построения существующих опорных геодезических сетей.
24. Геодезические сети специального назначения.
25. Построение геодезических сетей специального назначения методом полигонометрии.
26. Передача координат на стенной знак линейной засечкой.
27. Передача координат на стенной знак угловой засечкой.
28. Передача координат на стенной знак полярным способом.
29. Последовательность выполнения работ по созданию плановой государственной геодезической сети.
30. Закрепление пунктов ГГС на местности.
31. Виды угломерных приборов.
32. Контрольные испытания оптических теодолитов.
33. Высокоточные угловые измерения.
34. Измерение горизонтальных направлений способом круговых приемов.
35. Измерение горизонтальных направлений способом всевозможных комбинаций.
36. Классификация и назначение нивелирных сетей.
37. Схема построения государственной нивелирной сети.
38. Понятия о системах высот, применяемых в геодезии.
39. Классификация нивелирных знаков.
40. Виды приборов, применяемых для нивелирования I и II классов.

41. Испытания и поверки точных нивелиров.
42. Испытания и поверки инварных реек
43. Способ геомертического нивелирования.
44. Источники ошибок при высокоточном нивелировании.
45. Методы ослабления источники ошибок при высокоточном нивелировании.

Форма промежуточной аттестации: дифференцированный зачет

Цель тестирования: тест предназначен для промежуточного контроля качества усвоения основных вопросов по МДК.

Для успешного прохождения тестирования обучающийся должен **знать:** требования к созданию геодезических сетей; устройство и принципы работы геодезических приборов и систем;

особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем; нормативные правовые акты, регламентирующие выполнение полевых работ по обследованию пунктов геодезических сетей; основы современных технологий определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации; методы электронных измерений элементов геодезических сетей; методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений; параметры перехода между системами координат; техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения; приемы контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ.

Уважаемые студенты!

Тест состоит из 1 части, которая содержит задания для проверки знаний. В тесте использованы тестовые задания различной формы, однотипные задания сгруппированы в блоки. В начале каждого блока заданий имеется инструкция, указывающая на действия, которые должны выполнить испытуемые для успешного решения тестовых заданий.

При выполнении заданий с формулировкой *«Выберите правильный вариант ответа»* Вы должны выбрать *один* правильный ответ из предложенных.

При выполнении заданий с формулировкой *«Выберите правильные варианты ответов»* Вы должны указать *один или несколько* правильных ответов из предложенных.

При выполнении заданий с формулировкой *«Установите соответствие»* Вы должны найти такие однозначные связи между позициями первого и второго столбиков, чтобы одной позиции первого столбика соответствовала только одна позиция второго. Повтор используемых позиций не допустим.

При выполнении заданий с формулировкой *«Вставьте пропущенное слово»*, *«Дополните предложение»* одному пропуску соответствует только одно слово.

Вид тестирования – бланковое, с использованием многоцветных бланков теста. Студент выполняет тест на отдельном бланке. В бланк заносится ФИО, номер группы, вариант, номера заданий и соответствующие им буквенные обозначения правильных (правильного) ответов.

Время выполнения – 90 мин.

ВАРИАНТ 1

Выберите из предложенных вариантов правильный ответ

1. ОРТОМЕТРИЧЕСКАЯ ВЫСОТА

- а) высота, в которой не принимается во внимание реальное гравитационное поле Земли;
- б) нормальная высота, приведенную к широте 45° ;
- в) расстояние от поверхности квазигеоида до точки земной поверхности, отсчитываемое по нормали к эллипсоиду;
- г) расстояние от поверхности геоида до точки земной поверхности, отсчитываемое по отвесной линии.

2. ПРОЕКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

- а) псевдоазимутальные проекции;
- б) конические проекции;
- в) псевдоконические проекции;
- г) азимутальные проекции;
- д) цилиндрические проекции;
- е) псевдоцилиндрические проекции.

3. СИСТЕМА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ, КОТОРАЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПОЛОЖЕНИЕ НОРМАЛИ К ПОВЕРХНОСТИ ПРИНЯТОГО ЭЛЛИПСОИДА

- а) x, y, z ;
- б) B, L, H ;
- в) x, y ;
- г) B, L .

4. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ШИРОТА

- а) угол, образованный плоскостью экватора поверхности эллипсоида вращения и отвесной линией в данной точке;
- б) острый угол, образованный нормалью поверхности эллипсоида вращения и плоскостью ее экватора;
- в) угол между местным направлением зенита и плоскостью экватора.

5. КООРДИНАТНАЯ ЛИНИЯ РАВНЫХ ДОЛГОТ

- а) часть линий пересечения поверхности эллипсоида вращения и плоскости, содержащей ось вращения, заключенная между полюсом;
- б) геодезическая параллель;
- в) отрезок нормали к поверхности эллипсоида вращения, заключенный между его поверхностью и точкой пересечения с малой осью;
- г) нулевой меридиан.

6. НОМЕНКЛАТУРА ЛИСТА КАРТЫ, КОТОРАЯ СООТВЕТСТВУЕТ МАСШТАБУ 1:25000

- а) Н-50-А-а;
- б) Р-59-18-Б-а;
- в) С-14-143-В;
- г) Т-18-18-б-А.

7. ГРАВИМЕТРИЯ – ЭТО

- а) раздел науки об измерении величин, характеризующих гравиметрическое поле Земли и об использовании их для определения формы и размеров Земли;
- б) раздел науки об измерении величин, характеризующих гравитационное поле Земли и об использовании их для определения фигуры Земли;
- в) область знаний занимающаяся определением форм, размеров и гравитационного поля Земли.

8. ГЛАВНОЕ УСЛОВИЕ НИВЕЛИРА

- а) вертикальная нить сетки нитей должна лежать в коллимационной плоскости;
- б) параллельность отвесных линий в точках стояния;
- в) ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси.

9. РАЗДЕЛЫ НИВЕЛИРНЫХ СЕТЕЙ

- а) нивелирная съемочная сеть, нивелирная сеть сгущения, Государственная нивелирная сеть;
- б) нивелирная съемочная сеть, нивелирная сеть сгущения, Государственная нивелирная сеть, плано-высотная сеть, высокоточная нивелирная сеть специального назначения;
- в) нивелирная сеть сгущения, Государственная нивелирная сеть, высокоточная нивелирная сеть специального назначения, нивелирная съемочная сеть;
- г) нивелирная съемочная сеть, нивелирная сеть сгущения.

10. ПРОЕКЦИЯ, КОТОРУЮ ПРИМЕНИЛ К. ГАУСС ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГРАДУСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В 1825 ГОДУ

- а) ортоморфная проекция;
- б) изогональная проекция;
- в) автогональная проекция;
- г) конформная проекция.

11. ПРОЕКЦИИ, РАЗЛИЧАЮЩИЕСЯ ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ

- а) перспективные, производные и составные;
- б) графические, аналитические, графо-аналитические;
- в) конические, цилиндрические, азимутальные.

12. МЕЖДУНАРОДНАЯ КАРТА, МАСШТАБ КОТОРОЙ 1:1000000

- а) цилиндрической проекцией;
- б) конической проекцией;
- в) псевдоцилиндрической проекцией;
- г) псевдоазимутальной проекцией;
- д) поликонической проекцией.

13. УЧЕНЫЙ, КОТОРЫМ БЫЛО ДОКАЗАНО, ЧТО ФИГУРА ГЕОИДА НЕОПРЕДЕЛИМА

- а) Гауссом;
- б) Крюгером;
- в) Молоденским;
- г) Томилиным;
- д) Аладжаловым.

14. ГЛАВНАЯ НАУЧНАЯ ЗАДАЧА ВЫСШЕЙ ГЕОДЕЗИИ

- а) изучение фигуры и гравитационного поля Земли;
- б) задание систем координат;
- в) создание государственных опорных геодезических сетей.

15. ФИГУРА, КОТОРАЯ ПОНИМАЕТСЯ ПОД ФИГУРОЙ ЗЕМЛИ

- а) образованная при вращении эллипса вокруг одной из его главных осей;
- б) ограниченная невозмущенной поверхностью морей и океанов;
- в) ограниченная физической поверхностью Земли.

16. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ

- а) широтой и долготой;
- б) большой и малой полуосью;
- в) полярным сжатием и малой полуосью.

17. ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ

- а) числовая характеристика конического сечения, показывающая степень его отклонения от окружности;
- б) числовая характеристика цилиндрического сечения, показывающая степень его отклонения от нормального значения;
- в) пункт, находящийся в нулевых координатах эллипсоида.

18. ПРОЕКЦИИ, РАЗЛИЧАЮЩИЕСЯ ПО ХАРАКТЕРУ ИСКАЖЕНИЙ

- а) равноугольные, равносторонние, производные, масштабные;
- б) равновеликие, равносторонние, производные;
- в) равноугольные, равновеликие, равнопромежуточные, произвольные.

19. ПЕРВЫЙ ВЕРТИКАЛ

- а) линия пересечения поверхности эллипсоида и плоскости, не содержащей нормаль этой поверхности;
- б) линия пересечения большой и малой оси;
- в) нормальное сечения, плоскость которого перпендикулярна плоскости геодезического меридиана.

20. ОТЛИЧИЕ КВАЗИГЕОИДА ОТ ГЕОИДА

- а) квазигеоид и геоид, не совпадают на территориях морей и океанов;
- б) квазигеоид, в отличие от геоида, однозначно определяется по результатам измерений, и отклоняется лишь в равнинных и горных районах;
- в) геоид, в отличие от квазигеоида, строится по уровенной поверхности и не совпадает на территориях морей и океанов.

21. РАЗГРАФКА

- а) система деления карты на отдельные листы;
- б) система обозначений листов топографической карты;
- в) система построения геодезических сетей на карте.

22. СИСТЕМА КООРДИНАТ, В КОТОРОЙ ЭЛЛИПСОИД ДЕЛИТСЯ НА ЗОНЫ

- а) система координат Красовского;
- б) прямоугольная пространственная система координат;
- в) система координат Гаусса-Крюгера.

23. УЧЕНЫЙ, КОТОРЫЙ ПРЕДЛОЖИЛ СПОСОБ КРУГОВЫХ ПРИЕМОМ

- а) Аладжалов;
- б) Молоденский;
- в) Томилин;
- г) Струве.

24. ВИДЫ ОШИБОК

- а) инструментальные, систематические, грубые и случайные;
- б) грубые, систематические и случайные;
- в) прямые, косвенные, внешние, систематические и независимые.

25. ДОПУСТИМАЯ НЕВЯЗКА В НИВЕЛИРОВАНИИ III КЛАССА

- а) $10\sqrt{L}$
- б) $5\sqrt{L}$
- в) $3\sqrt{L}$
- г) $2\sqrt{L}$

26. СИСТЕМА КООРДИНАТ, ПРИНЯТАЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА

- а) полярная и параметрическая;
- б) полярная и сферическая;
- в) географическая и геодезическая.

Установите соответствие:

27. ТИП ТЕОДОЛИТА

- 1) Высокоточные
- 2) Точные
- 3) Технические

СКО ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ОДНИМ ПРИЕМОМ В
ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ m_β

- А) 0,5"-1"
- Б) 5"-10"
- В) 1"-10"
- Г) >10"

28. СПОСОБ ОТОБРАЖЕНИЯ

- 1) Вид вспомогательной поверхности
- 2) Характер искажения
- 3) вид нормальной картографической сетки

ВИД ПРОЕКЦИИ

- А) Равновеликие, равноугольные, равнопромежуточные, произвольные
- Б) Азимутальные, конические, цилиндрические, псевдоазимутальные, псевдоцилиндрические, псевдоконические, поликонические.
- В) Азимутальная, цилиндрическая, коническая
- Г) Азимутальная, псевдоазимутальные, равноугольные

Дополните предложение. Одному пропуску соответствует только одно слово

29. НИВЕЛИРНАЯ СЕТЬ СТРОИТСЯ ПО ПРИНЦИПУ А) _____ Б) _____

Вставьте пропущенное слово. Одному пропуску соответствует только одно слово

30. ОБЩЕЗЕМНЫЕ ИЛИ ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ СОЗДАЮТСЯ МЕТОДАМИ А) _____ ГЕОДЕЗИИ

Установите правильную последовательность:

31. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ ПРИ СОЗДАНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ

- А. Проектирование сети на картографических материалах
- В. Постройка геодезических наружных знаков и закладка подземных центров
- С. Математическая обработка результатов измерений, конечным продуктом которой является каталог координат и высот пунктов ГГС
- Д. Рекогносцировка пунктов запроектированной сети с целью наилучшего ее приспособления к условиям местности
- Е. Производство полевых измерений.

Ключ к тесту

Вариант 1	
Номер вопроса	Ответ
1	Г
2	Д
3	Г
4	В
5	А
6	В
7	Б
8	В
9	В
10	Г
11	А
12	Д
13	В
14	А
15	В
16	Б
17	А
18	В
19	В
20	Б
21	А
22	В
23	Г
24	А
25	А
26	А
27	1А, 2В, 3Г
28	1В, 2А, 3Б
29	А) от общего Б) к частному
30	А) спутниковой
31	АГБДВ

Критерии

- от 25 до 31 правильных ответов – «5» отлично;
- от 18 до 24 правильных ответов – «4» хорошо;
- от 10 до 17 правильных ответов – «3» удовлетворительно;
- 9 и менее правильных ответов – «2» неудовлетворительно

Оценка за экзамен ставиться с учетом средней оценки по практическим работам в соответствии с рабочей программой по МДК.01.01

Контрольно-оценочные средства промежуточной аттестации

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету, экзамену по МДК.01.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения

1. Геоид, квазигеоид и земной эллипсоид.
2. Связь высшей геодезии с другими науками.
3. Системы координат в высшей геодезии.
4. Классификация систем координат.
5. Система геодезических координат.
6. Система пространственных прямоугольных координат.
7. Система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
8. Преобразование координат из одной системы в другую.
9. Решение главных геодезических задач на поверхности эллипсоида.
10. Порядок решения прямой геодезической задачи на поверхности эллипсоида.
11. Порядок решения обратной геодезической задачи на поверхности эллипсоида.
12. Современные требования к решению главной геодезической задачи.
13. Проекции, применяемые в геодезии.
14. Применение плоских координат в геодезии.
15. Практика применения проекции Гаусса-Крюгера.
16. Выбор проекции.
17. Современные требования к геодезическим проекциям.
18. Классификация геодезических сетей.
19. Назначение геодезических сетей.
20. Плотность и точность построения ГГС.
21. Методы построения плановых геодезических сетей.
22. Спутниковые методы создания геодезических сетей.
23. Схемы и программы построения существующих опорных геодезических сетей.
24. Геодезические сети специального назначения.
25. Построение геодезических сетей специального назначения методом полигонометрии.
26. Передача координат на стенной знак линейной засечкой.
27. Передача координат на стенной знак угловой засечкой.
28. Передача координат на стенной знак полярным способом.
29. Последовательность выполнения работ по созданию плановой государственной геодезической сети.
30. Закрепление пунктов ГГС на местности.
31. Виды угломерных приборов.
32. Контрольные испытания оптических теодолитов.
33. Высокоточные угловые измерения.
34. Измерение горизонтальных направлений способом круговых приемов.
35. Измерение горизонтальных направлений способом всевозможных комбинаций.
36. Классификация и назначение нивелирных сетей.
37. Схема построения государственной нивелирной сети.

38. Понятия о системах высот, применяемых в геодезии.
39. Классификация нивелирных знаков.
40. Виды приборов, применяемых для нивелирования I и II классов.
41. Испытания и поверки точных нивелиров.
42. Испытания и поверки инварных реек
43. Способ геометрического нивелирования.
44. Источники ошибок при высокоточном нивелировании.
45. Методы ослабления источники ошибок при высокоточном нивелировании.
46. Государственная гравиметрическая сеть.
47. Сила тяжести и ее потенциал.
48. Уровненные поверхности, силовые линии.
49. Нормальное гравитационное поле.
50. Распределение силы тяжести на поверхности эллипсоида вращения.
51. Аномалия силы тяжести: свойства и области применения.
52. Приборы, используемые в гравиметрии.
53. Гравиметрические данные в задачах геодезии.
54. Методы измерения силы тяжести.
55. Виды гравиметрических съемок.
56. Опорная гравиметрическая сеть
57. Рядовая гравиметрическая сеть
58. Выполнение гравиметрических измерений.
59. Обработка результатов гравиметрических измерений.
60. Оценка точности результатов гравиметрических измерений.
61. Виды и системы геопотенциальных высот.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Цель тестирования: тест предназначен для промежуточного контроля качества усвоения основных вопросов по МДК.

Для успешного прохождения тестирования обучающийся должен **знать:** требования к созданию геодезических сетей; устройство и принципы работы геодезических приборов и систем;

особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем; нормативные правовые акты, регламентирующие выполнение полевых работ по обследованию пунктов геодезических сетей; основы современных технологий определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации; методы электронных измерений элементов геодезических сетей; методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений; параметры перехода между системами координат; техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения; приемы контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ.

Результат: проектировать геодезические сети; проводить исследования, поверки и юстировку геодезических приборов и систем; выполнять работы по полевому обследованию пунктов геодезических сетей; использовать современные технологии определения местоположения пунктов геодезических сетей на основе спутниковой навигации, а также методы электронных измерений элементов геодезических сетей; создавать опорные геодезические сети с помощью оптических, электронных и спутниковых геодезических приборов; проводить специальные геодезические измерения при эксплуатации поверхности и недр Земли; осуществлять самостоятельный контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Уважаемые студенты!

Тест состоит из 2 частей (А, Б). Часть А содержит задания для проверки знаний, в части Б практическое задания.

В тесте использованы тестовые задания различной формы, однотипные задания сгруппированы в блоки. В начале каждого блока заданий имеется инструкция, указывающая на действия, которые Вы должны выполнить для успешного решения тестовых заданий.

При выполнении заданий с формулировкой «*Выберите правильный вариант ответа*» Вы должны выбрать *один* правильный ответ из предложенных.

При выполнении заданий с формулировкой «*Выберите правильные варианты ответов*» Вы должны указать *один или несколько* правильных ответов из предложенных.

При выполнении заданий с формулировкой «*Установите соответствие*» Вы должны найти такие однозначные связи между позициями первого и второго столбиков, чтобы одной позиции первого столбика соответствовала только одна позиция второго. Повтор используемых позиций не допустим.

При выполнении заданий с формулировкой «*Вставьте пропущенное слово*», «*Дополните предложение*» одному пропуску соответствует только одно слово.

Вид тестирования – бланковое, с использованием многоцветных бланков теста. Студент выполняет тест на отдельном бланке. В бланк заносится ФИО, номер группы, вариант, номера заданий и соответствующие им буквенные обозначения правильных (правильного) ответов.

ЧАСТЬ А

Выберите из предложенных вариантов правильный ответ

1. ОРТОМЕТРИЧЕСКАЯ ВЫСОТА

- а) высота, в которой не принимается во внимание реальное гравитационное поле Земли;
- б) нормальная высота, приведенную к широте 45° ;
- в) расстояние от поверхности квазигеоида до точки земной поверхности, отсчитываемое по нормали к эллипсоиду;
- г) расстояние от поверхности геоида до точки земной поверхности, отсчитываемое по отвесной линии.

2. ПРОЕКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

- а) псевдоазимутальные проекции;
- б) конические проекции;
- в) псевдоконические проекции;
- г) азимутальные проекции;
- д) цилиндрические проекции;
- е) псевдоцилиндрические проекции.

3. СИСТЕМА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ, КОТОРАЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПОЛОЖЕНИЕ НОРМАЛИ К ПОВЕРХНОСТИ ПРИНЯТОГО ЭЛЛИПСОИДА

- а) x, y, z ;
- б) B, L, H ;
- в) x, y ;
- г) B, L .

4. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ШИРОТА

- а) угол, образованный плоскостью экватора поверхности эллипсоида вращения и отвесной линией в данной точке;
- б) острый угол, образованный нормалью поверхности эллипсоида вращения и плоскостью ее экватора;
- в) угол между местным направлением зенита и плоскостью экватора.

5. КООРДИНАТНАЯ ЛИНИЯ РАВНЫХ ДОЛГОТ

- а) часть линий пересечения поверхности эллипсоида вращения и плоскости, содержащей ось вращения, заключенная между полюсом;
- б) геодезическая параллель;

- в) отрезок нормали к поверхности эллипсоида вращения, заключенный между его поверхностью и точкой пересечения с малой осью;
- г) нулевой меридиан.

6. НОМЕНКЛАТУРА ЛИСТА КАРТЫ, КОТОРАЯ СООТВЕТСТВУЕТ МАСШТАБУ 1:25000

- а) Н-50-А-а;
- б) Р-59-18-Б-а;
- в) С-14-143-В;
- г) Т-18-18-б-А.

7. ГРАВИМЕТРИЯ – ЭТО

- а) раздел науки об измерении величин, характеризующих гравиметрическое поле Земли и об использовании их для определения формы и размеров Земли;
- б) раздел науки об измерении величин, характеризующих гравитационное поле Земли и об использовании их для определения фигуры Земли;
- в) область знаний занимающаяся определением форм, размеров и гравитационного поля Земли.

8. ГЛАВНОЕ УСЛОВИЕ НИВЕЛИРА

- а) вертикальная нить сетки нитей должна лежать в коллимационной плоскости;
- б) параллельность отвесных линий в точках стояния;
- в) ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси.

9. РАЗДЕЛЫ НИВЕЛИРНЫХ СЕТЕЙ

- а) нивелирная съемочная сеть, нивелирная сеть сгущения, Государственная нивелирная сеть;
- б) нивелирная съемочная сеть, нивелирная сеть сгущения, Государственная нивелирная сеть, планово-высотная сеть, высокоточная нивелирная сеть специального назначения;
- в) нивелирная сеть сгущения, Государственная нивелирная сеть, высокоточная нивелирная сеть специального назначения, нивелирная съемочная сеть;
- г) нивелирная съемочная сеть, нивелирная сеть сгущения.

10. ПРОЕКЦИЯ, КОТОРУЮ ПРИМЕНИЛ К. ГАУСС ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГРАДУСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В 1825 ГОДУ

- а) ортоморфная проекция;
- б) изогональная проекция;
- в) автогональная проекция;
- г) конформная проекция.

11. ПРОЕКЦИИ, РАЗЛИЧАЮЩИЕСЯ ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ

- а) перспективные, производные и составные;
- б) графические, аналитические, графо-аналитические;
- в) конические, цилиндрические, азимутальные.

12. МЕЖДУНАРОДНАЯ КАРТА, МАСШТАБ КОТОРОЙ 1:1000000

- а) цилиндрической проекцией;
- б) конической проекцией;
- в) псевдоцилиндрической проекцией;
- г) псевдоазимутальной проекцией;
- д) поликонической проекцией.

13. УЧЕНЫЙ, КОТОРЫМ БЫЛО ДОКАЗАНО, ЧТО ФИГУРА ГЕОИДА НЕОПРЕДЕЛИМА

- а) Гауссом;
- б) Крюгером;
- в) Молоденским;
- г) Томилиным;
- д) Аладжаловым.

14. ГЛАВНАЯ НАУЧНАЯ ЗАДАЧА ВЫСШЕЙ ГЕОДЕЗИИ

- а) изучение фигуры и гравитационного поля Земли;
- б) задание систем координат;
- в) создание государственных опорных геодезических сетей.

15. ФИГУРА, КОТОРАЯ ПОНИМАЕТСЯ ПОД ФИГУРОЙ ЗЕМЛИ

- а) образованная при вращении эллипса вокруг одной из его главных осей;
- б) ограниченная невозмущенной поверхностью морей и океанов;
- в) ограниченная физической поверхностью Земли.

16. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ

- а) широтой и долготой;
- б) большой и малой полуосью;
- в) полярным сжатием и малой полуосью.

17. ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ

- а) числовая характеристика конического сечения, показывающая степень его отклонения от окружности;
- б) числовая характеристика цилиндрического сечения, показывающая степень его отклонения от нормального значения;
- в) пункт, находящийся в нулевых координатах эллипсоида.

18. ПРОЕКЦИИ, РАЗЛИЧАЮЩИЕСЯ ПО ХАРАКТЕРУ ИСКАЖЕНИЙ

- а) равноугольные, равносторонние, производные, масштабные;
- б) равновеликие, равносторонние, производные;
- в) равноугольные, равновеликие, равнопромежуточные, произвольные.

19. ПЕРВЫЙ ВЕРТИКАЛ

- а) линия пересечения поверхности эллипсоида и плоскости, не содержащей нормаль этой поверхности;
- б) линия пересечения большой и малой оси;
- в) нормальное сечения, плоскость которого перпендикулярна плоскости геодезического меридиана.

20. ОТЛИЧИЕ КВАЗИГЕОИДА ОТ ГЕОИДА

- а) квазигеоид и геоид, не совпадают на территориях морей и океанов;
- б) квазигеоид, в отличие от геоида, однозначно определяется по результатам измерений, и отклоняется лишь в равнинных и горных районах;
- в) геоид, в отличие от квазигеоида, строится по уровенной поверхности и не совпадает на территориях морей и океанов.

21. РАЗГРАФКА

- а) система деления карты на отдельные листы;
- б) система обозначений листов топографической карты;
- в) система построения геодезических сетей на карте.

22. СИСТЕМА КООРДИНАТ, В КОТОРОЙ ЭЛЛИПСОИД ДЕЛИТСЯ НА ЗОНЫ

- а) система координат Красовского;
- б) прямоугольная пространственная система координат;
- в) система координат Гаусса-Крюгера.

23. УЧЕНЫЙ, КОТОРЫЙ ПРЕДЛОЖИЛ СПОСОБ КРУГОВЫХ ПРИЕМОМ

- а) Аладжалов;
- б) Молоденский;
- в) Томилин;
- г) Струве.

24. ВИДЫ ОШИБОК

- а) инструментальные, систематические, грубые и случайные;
- б) грубые, систематические и случайные;
- в) прямые, косвенные, внешние, систематические и независимые.

25. ДОПУСТИМАЯ НЕВЯЗКА В НИВЕЛИРОВАНИИ III КЛАССА

- а) $10\sqrt{L}$
- б) $5\sqrt{L}$
- в) $3\sqrt{L}$
- г) $2\sqrt{L}$

26. СИСТЕМА КООРДИНАТ, ПРИНЯТАЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА

- а) полярная и параметрическая;
- б) полярная и сферическая;
- в) географическая и геодезическая.

Установите соответствие:

27. ТИП ТЕОДОЛИТА	СКО ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ОДНИМ ПРИЕМОМ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ m_{β}
2) Высокоточные	А) 0,5"-1"
2) Точные	Б) 5"-10"
3) Технические	В) 1"-10"
	Г) >10"
28. СПОСОБ ОТОБРАЖЕНИЯ	ВИД ПРОЕКЦИИ
1) Вид вспомогательной поверхности	А) Равновеликие, равноугольные, равнопромежуточные, произвольные
2) Характер искажения	Б) Азимутальные, конические, цилиндрические, псевдоазимутальные, псевдоцилиндрические, псевдоконические, поликонические.
3) вид нормальной картографической сетки	В) Азимутальная, цилиндрическая, коническая
	Г) Азимутальная, псевдоазимутальные, равноугольные

Дополните предложение. Одному пропуску соответствует только одно слово

29. НИВЕЛИРНАЯ СЕТЬ СТРОИТСЯ ПО ПРИНЦИПУ А) _____ Б) _____

Вставьте пропущенное слово. Одному пропуску соответствует только одно слово

30. ОБЩЕЗЕМНЫЕ ИЛИ ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ
СОЗДАЮТСЯ МЕТОДАМИ А) _____ ГЕОДЕЗИИ

Установите правильную последовательность:

31. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ ПРИ СОЗДАНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ

- Ф. Проектирование сети на картографических материалах
- Г. Постройка геодезических наружных знаков и закладка подземных центров
- Н. Математическая обработка результатов измерений, конечным продуктом которой является каталог координат и высот пунктов ГГС
- И. Рекогносцировка пунктов запроектированной сети с целью наилучшего ее приспособления к условиям местности
- Ж. Производство полевых измерений.

ЧАСТЬ Б

Должен уметь: составление программ угловых наблюдений и линейных измерений на точке (геодезическом пункте) при развитии плановых геодезических сетей, определении высот пунктов методом нивелирования, спутниковых определений; исследовать, поверять и юстировать геодезические приборы; обследовать пункты геодезических сетей; использовать методы спутниковой навигации и электронных измерений элементов геодезических сетей; выполнять полевые геодезические измерения в геодезических сетях; осуществлять процедуру локализации системы координат в полевом программном обеспечении геодезических приборов; выполнять полевые геодезические измерения при развитии геодезических сетей специального назначения; выполнять контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Результат: способ круговых приемов горизонтальных направлений выполнен в соответствии с требованиями измерений горизонтальных углов и математическая обработка результатов измерений обработана по математическим формулам, применяемых для обработки данных.

Задачная формулировка: выполнить измерение горизонтальных направлений способом круговых приемов.

Задание:

1. Создать условную систему координат и высот пунктов с использованием электронного тахеометра
2. Определить координаты и высоты станции стояния в условной системе координат электронным тахеометром способом «обратной засечки».
3. Определить горизонтальные направления на 4 угла кабинета способом круговых приемов, не делая обнуления на первую точку.
4. Выполнить математическую обработку результатов угловых измерений в полевом журнале, в соответствии с инструкцией.

**Полевой журнал
способом круговых приемов**

Месяц и число _____ Погода _____

Видимость _____

Название пункта _____

Название наблюдаемых пунктов	Отчеты ° ' "				2с	Угол	Направление
	Л		П				

Ключ к тесту

Вариант 1	
Номер вопроса	Ответ
1	Г
2	Д
3	Г
4	В
5	А
6	В
7	Б
8	В
9	В
10	Г
11	А
12	Д
13	В
14	А
15	В
16	Б
17	А
18	В
19	В
20	Б
21	А
22	В
23	Г
24	А
25	А
26	А
27	1А, 2В, 3Г
28	1В, 2А, 3Б
29	А) от общего Б) к частному
30	А) спутниковой
31	АГБДВ

Ключ к части Б:

Признак, характеризующий показатель	Макс. количество баллов
Условная система координат и высот пунктов создана с использованием электронного тахеометра по инструкции	1
Определены координаты и высоты станции стояния в условной системе координат в соответствии с инструкцией	1
Координаты определены электронным тахеометром способом «обратной засечки» в соответствии с инструкцией	1
Определены горизонтальные направления на 4 угла кабинета	1
Горизонтальные направления определены способом круговых приемов	1
Обнуление на первую точку не производилось	1
Выполнена математическая обработка результатов угловых измерений в полевом журнале в соответствии с инструкцией	1
В полевом журнале посчитана $2s$ по формуле $(КЛ-КП)/2$	1
Горизонтальные направления на все углы определены в полевом журнале по инструкции	1
Максимальное количество баллов	9

Инструкция по заполнению шкалы оценки: баллы выставляются с учетом выполнения критериального требования: полное соответствие – 1 балл, несоответствие – 0 баллов.

Критерии

от 25 до 31 правильных ответов – «5» отлично;
от 18 до 24 правильных ответов – «4» хорошо;
от 10 до 17 правильных ответов – «3» удовлетворительно;
9 и менее правильных ответов – «2» неудовлетворительно

Контрольно-оценочные средства промежуточной аттестации

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету, экзамену по МДК.01.02 Математическая обработка результатов геодезических измерений

1. Дайте определение случайной погрешности. Каковы её свойства?
2. Какие виды погрешностей существуют в геодезических измерениях?
3. Как оценить точность результатов равнооточных измерений?
4. Что такое средняя квадратическая погрешность (СКП) и как её вычислить?
5. Как определить погрешность функции, зависящей от нескольких равнооточных измерений?
6. Приведите примеры функций измеренных величин и их погрешностей.
7. Как обрабатывается ряд равнооточных измерений одной величины?
8. Что такое двойные равнооточные измерения и где они применяются?
9. Как оценить точность двойных измерений?
10. Какие критерии используют для оценки качества равнооточных измерений?
11. Как вычисляется вероятнейшее значение из ряда равнооточных измерений?
12. В чём отличие обработки одинарных и двойных измерений?
13. Как определяются веса результатов неравнооточных измерений?
14. Каковы свойства весов в неравнооточных измерениях?
15. Что такое вероятнейшая погрешность и как её вычислить?
16. Как применяется формула Бесселя для оценки точности неравнооточных измерений?
17. Как определить среднюю квадратическую погрешность единицы веса?
18. Как выполняется обработка ряда неравнооточных измерений?
19. Как вычисляется общее средневзвешенное значение из неравнооточных измерений?
20. Как определить вес функции, зависящей от неравнооточных измерений?
21. Какие методы применяются для уравнивания неравнооточных измерений?
22. Как оценить точность результата после обработки неравнооточных измерений?
23. Приведите пример расчёта весов в геодезических задачах.
24. Как оценить точность угловых измерений по невязкам в полигонах?
25. Как оценить точность превышений в нивелирных ходах?
26. Что такое формула Ферреро и как её применяют?
27. Какие допуски установлены для невязок в геодезических построениях?
28. Как оценить точность вычислений с приближенными числами?
29. Какие правила округления используют в геодезических расчётах?
30. Что такое уравнивание геодезических сетей?
31. В чём суть метода наименьших квадратов (МНК)?

32. Какие упрощённые методы уравнивания применяются на практике?
33. Как оценить точность уравненных величин?
34. Какие параметры контролируются после уравнивания?
35. Какие нормативные документы регламентируют геодезические работы?
36. Как выполняется контроль полевых измерений?
37. Какие допуски установлены для невязок в геодезических построениях?
38. Как оформляются результаты камеральной обработки?
39. Какие методы проверки точности применяются после обработки данных?
40. Каковы основные функции программы КРЕДО ДАТ в геодезических расчетах?
41. Опишите интерфейс программы: основные панели, меню и инструменты.
42. Какие начальные установки необходимо выполнить перед началом работы в КРЕДО

ДАТ?

43. Как настроить систему координат и единицы измерений?
44. Какие форматы данных поддерживает программа для импорта полевых измерений?
45. Как создать новый проект и сохранить результаты обработки?
46. Какие виды плановых геодезических сетей можно обрабатывать в КРЕДО ДАТ?
47. Как выполняется ввод данных полевых измерений (углов, расстояний, координат)?
48. Какие встроенные геодезические задачи решает программа (обратная засечка, прямая засечка, расчет координат)?
49. Как провести уравнивание полигонометрического хода в КРЕДО ДАТ?
50. Какие параметры точности вычисляются после обработки сети?
51. Как экспортировать результаты обработки в отчет или чертеж?
52. Какие методы нивелирования поддерживает КРЕДО ДАТ?
53. Как ввести данные геометрического нивелирования в программу?
54. Как выполняется уравнивание нивелирной сети в КРЕДО ДАТ?
55. Какие виды схем можно построить в программе (планы, профили, схемы ходов)?
56. Как оценить точность нивелирных измерений после обработки?
57. Как оформить отчет по результатам нивелирования?

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Задание 1: Уравнивание теодолитного хода

Выполните уравнивание в КРЕДО ДАТ.

- Проанализируйте полученные невязки:
 - Угловая невязка.
 - Линейная невязка (относительная невязка хода $fS \leq 12000, S \leq 2000$).
- Визуализируйте ход на схеме.
- 1. Определите СКП (среднюю квадратическую погрешность) положения пунктов после уравнивания.
- 2. Проверьте, соответствуют ли результаты требованиям нормативов.
- Экспортируйте результаты в виде таблицы координат.
- Постройте схему хода с подписями дирекционных углов и длин сторон.
- Сделайте вывод о точности выполненных измерений и качестве уравнивания.

Необходимые приложения:

Приложение А. Исходные данные для уравнивания теодолитного хода

Приложение А

Исходные данные для уравнивания теодолитного хода

№ стан.	Измеренные углы (правые)	попр.	Исправленные углы	Дирекционные углы	Длины, L (м)	Приращения				Координаты	
						Вычисленные		Исправленные		X	Y
						Δx	Δy	Δx	Δy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	85° 19 '15"			86° 43 '00"	307,59					3487,00	4892,00
2	88° 52 '00"				296,31						
3	158° 36 '15"				92,03						
4	121° 48 '00"				239,11						
5	83° 36 '30"				138,31						
6	181° 47 '30"				282,63						
1											

Ключ к тесту

Критерий	Баллы
Корректность ввода данных	2
Правильность расчета невязок	3
Точность уравнивания	3
Оформление схемы	2
Итого 10 баллов	

Критерии

9–10 баллов — отлично (все этапы выполнены без ошибок).

7–8 баллов — хорошо (незначительные погрешности в расчетах).

5–6 баллов — удовлетворительно (грубые ошибки в уравнивании).

Менее 5 — неудовлетворительно (неверный ввод данных или расчеты).

Оценка за экзамен по МДК.01.02 Математическая обработка результатов геодезических измерений выставляется с учётом оценки за курсовой проект.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Контрольно-оценочные средства для проведения ПМ.01.Э экзамена по модулю по ПМ.01 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СОЗДАНИЮ И ОБРАБОТКЕ ОПОРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, НИВЕЛИРНЫХ СЕТЕЙ И СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Геоид, квазигеоид и земной эллипсоид.
2. Связь высшей геодезии с другими науками.
3. Системы координат в высшей геодезии.
4. Классификация систем координат.
5. Система геодезических координат.
6. Система пространственных прямоугольных координат.
7. Система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
8. Преобразование координат из одной системы в другую.
9. Решение главных геодезических задач на поверхности эллипсоида.
10. Порядок решения прямой геодезической задачи на поверхности эллипсоида.
11. Порядок решения обратной геодезической задачи на поверхности эллипсоида.
12. Современные требования к решению главной геодезической задачи.
13. Проекции, применяемые в геодезии.
14. Применение плоских координат в геодезии.
15. Практика применения проекции Гаусса-Крюгера.
16. Выбор проекции.
17. Современные требования к геодезическим проекциям.
18. Классификация геодезических сетей.
19. Назначение геодезических сетей.
20. Плотность и точность построения ГГС.
21. Методы построения плановых геодезических сетей.
22. Спутниковые методы создания геодезических сетей.
23. Схемы и программы построения существующих опорных геодезических сетей.
24. Геодезические сети специального назначения.
25. Построение геодезических сетей специального назначения методом полигонометрии.
26. Передача координат на стенной знак линейной засечкой.
27. Передача координат на стенной знак угловой засечкой.
28. Передача координат на стенной знак полярным способом.
29. Последовательность выполнения работ по созданию плановой государственной геодезической сети.
30. Закрепление пунктов ГГС на местности.
31. Виды угломерных приборов.
32. Контрольные испытания оптических теодолитов.
33. Высокоточные угловые измерения.
34. Измерение горизонтальных направлений способом круговых приемов.
35. Измерение горизонтальных направлений способом всевозможных комбинаций.
36. Классификация и назначение нивелирных сетей.
37. Схема построения государственной нивелирной сети.
38. Понятия о системах высот, применяемых в геодезии.
39. Классификация нивелирных знаков.
40. Виды приборов, применяемых для нивелирования I и II классов.
41. Испытания и поверки точных нивелиров.
42. Испытания и поверки инварных реек

43. Способ геомертического нивелирования.
44. Источники ошибок при высокоточном нивелировании.
45. Методы ослабления источники ошибок при высокоточном нивелировании.
46. Государственная гравиметрическая сеть.
47. Сила тяжести и ее потенциал.
48. Уровненные поверхности, силовые линии.
49. Нормальное гравитационное поле.
50. Распределение силы тяжести на поверхности эллипсоида вращения.
51. Аномалия силы тяжести: свойства и области применения.
52. Приборы, используемые в гравиметрии.
53. Гравиметрические данные в задачах геодезии.
54. Методы измерения силы тяжести.
55. Виды гравиметрических съемок.
56. Опорная гравиметрическая сеть
57. Рядовая гравиметрическая сеть
58. Выполнение гравиметрических измерений.
59. Обработка результатов гравиметрических измерений.
60. Оценка точности результатов гравиметрических измерений.
61. Виды и системы геопотенциальных высот.
62. Свойства случайных погрешностей равноточных измерений.
63. Оценка точности результатов измерений.
64. Погрешность функций непосредственно измеренных равноточных величин
65. Обработка результатов ряда равноточных измерений.
66. Двойные равноточные измерения.
67. Оценка точности ряда двойных равноточных измерений.
68. Неравноточные измерения.
69. Веса результатов неравноточных измерений и их свойства.
70. Вероятнейшие погрешности и их свойства.
71. Формула Бесселя для неравноточных измерений.
72. Обработка результатов ряда неравноточных измерений.
73. Веса функций непосредственно измеренных величин.
74. Уравнивание геодезических систем.
75. Строгие методы уравнивания.
76. Метод наименьших квадратов.
77. Приближенные (упрощенные) способы уравнивания.
78. Оценка точности результатов уравнивания.
79. Контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
80. Математическая обработка результатов полевых геодезических измерений с использованием современной компьютерной программы КРЕДО ДАТ. Интерфейс программы. Начальные установки. Начальные настройки.
81. Обработка результатов полевых геодезических измерений плановых сетей в системе КРЕДО ДАТ. Решение встроенных геодезических задач.
82. Уравнивание геодезических систем. Строгие методы уравнивания. Метод наименьших квадратов. Приближенные (упрощенные) способы уравнивания. Оценка точности результатов уравнивания.
83. Контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
84. Математическая обработка результатов полевых геодезических измерений с использованием современной компьютерной программы КРЕДО ДАТ. Интерфейс программы. Начальные установки. Начальные настройки.

1. Форма промежуточной аттестации: экзамен по модулю

ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ для проведения экзамена (квалификационного) по ПМ.01 Выполнение работ по проектированию, созданию и обработке опорных геодезических сетей, нивелирных сетей и сетей специального назначения по специальности 21.02.20 Прикладная геодезия

1. Общие положения

1.1. К выполнению заданий экзамена (квалификационного) по ПМ.02. *Выполнение топографических съемок, графического и цифрового оформления их результатов* допускаются обучающиеся, успешно освоившие все элементы рабочей программы профессионального модуля и имеющие допуск к экзамену (квалификационному).

1.2. Обучающиеся во время экзамена (квалификационного) должны соблюдать правила поведения, технику безопасности, порядок выполнения заданий.

1.3. При несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить о случившемся Председателю и членам экзаменационной комиссии.

При возникновении ситуации, дальнейшее развитие которой может привести к травме, или несчастному случаю, очевидец обязан немедленно сообщить об этом Председателю и членам экзаменационной комиссии.

1.4. При неоднократном нарушении Обучающимся техники безопасности в процессе выполнения экзаменационного задания происходит отстранение от дальнейшего прохождения испытаний.

Отстранение от выполнения экзаменационного задания происходит после 3-х предупреждений.

2 Требования охраны труда перед началом работы

2.1 *Перед началом выполнения* экзаменационного задания участники должны выполнить следующее:

2.1.1. Все участники должны ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.

2.1.2. Подготовить рабочее место: разместить на рабочем месте материалы, оборудование и инструменты, которые участники должны иметь при себе.

2.1.3. Подготовить инструмент и оборудование, разрешенное к работе:

- чертежные инструменты: подготовить к работе только исправные чертежные инструменты и приспособления; не оставлять чертежные инструменты и приспособления без присмотра;

- персональный компьютер: перед работой на компьютере нужно убедиться, что в зоне досягаемости отсутствуют оголенные провода и различные шнуры; предметы на столе не должны мешать обзору, пользоваться мышкой и клавиатурой; поверхность экрана должна быть абсолютно чистой; клавиатура разместить на расстоянии 20-30 сантиметров от края стола; стул установить таким образом, чтобы спина лишь немного упиралась в его спинку.

- геодезические приборы и аксессуары: проверить (визуально) исправность геодезических приборов, и исправность геодезического оборудования и аксессуаров;

- молотки, кувалды, металлическая арматура: молотки, кувалды должны быть прочно насажены на топорща.

2.1.4. Изучить содержание и порядок проведения частей экзаменационного задания, а также безопасные приемы их выполнения. Проверить исправность инструмента и оборудования визуальным осмотром.

2.1.5. Одежда и обувь студента должна быть выбрана по погоде, удобной для работы, застегнута на пуговицы и молнии; надеть сигнальные жилеты.

2.1.6. Убрать с рабочего стола все лишнее.

Участнику запрещается приступать к выполнению экзаменационного задания при обнаружении неисправности инструмента или оборудования. О замеченных недостатках и неисправностях немедленно сообщить Председателю и членам экзаменационной комиссии.

2.2 Во время работы:

При выполнении экзаменационных заданий участнику необходимо соблюдать требования безопасности при использовании инструмента и оборудования.

2.2.1. Чертежные инструменты: вычислительные и графические работы должны выполняться при достаточном освещении; во избежание развития близорукости необходимо следить, чтобы расстояние от глаз до рабочей поверхности равнялось примерно 25-30 см; быть внимательным при работе, не отвлекаться; во избежание получения травмы пользоваться только исправными чертежными инструментами и приспособлениями; не оставлять чертежные инструменты и приспособления без присмотра; не держать заточенный карандаш острием вверх; заточку карандашей проводить в специально отведенном для этого месте; по окончании работы проверить наличие чертежного инструмента и привести в порядок рабочее место; при обнаружении не исправных чертежных инструментов и приспособлений немедленно прекратить работу и сообщить об этом членам экзаменационной комиссии.

2.2.2. Персональный компьютер: нельзя часто включать и выключать компьютер без особой на это нужды; при ощущении даже незначительного запаха гари, нужно как можно быстрее выключить компьютер из сети и уведомить о случившемся Председателю и членам экзаменационной комиссии; для уменьшения воздействия излучения экрана нужно, чтобы расстояние между глазами и монитором составляло не менее полуметра; локти не должны висеть в воздухе, а комфортно располагаться на столешнице; ноги должны упираться в твердую поверхность, быть распрямленными вперед, а не подогнуты под себя; если студент носит очки, то ему следует убедиться, что он может свободно регулировать угол наклона экрана; по окончании работы привести в порядок рабочее место.

2.2.3. Геодезические приборы: при распаковке прибор берется за специальную ручку; при закреплении прибора на штативе, прибор удерживается левой рукой, правой рукой прибор вворачивается, а после окончания работ выворачивается, становой винт; отпускать прибор можно, только убедившись в его надежном закреплении; при установке прибора должен обеспечиваться доступ к нему со всех сторон; высота установки прибора должна обеспечивать удобство работы обучающегося; запрещается поворачивать тахеометр вокруг вертикальной оси, а зрительную трубу относительно горизонтальной оси при зафиксированных закрепительных винтах; переносить тахеометр, закрепленный на штативе запрещается; не соединяйте и не разъединяйте разъемы электропитания влажными руками. Это может привести к поражению электрическим током; -при необходимости переноса тахеометра разрешается переносить его с открепленными закрепительными винтами, в правильно уложенном состоянии в футляре; необходимо проявлять осторожность при визировании в сторону Солнца; категорически запрещается наводить зрительную трубу прибора на Солнце, чтобы не выжечь сетчатку глаза; при выполнении измерений запрещается наводить зрительную трубу тахеометра в глаза людей и животных запрещается осуществлять наблюдение прямого и зеркально отраженного лазерного излучения; запрещается размещать в зоне лазерного пучка предметы, вызывающие его зеркальное отражение; разрешается использовать нивелир во время дождя, но ограниченный период времени; при обнаружении неисправности прибора незамедлительно прекратить работу и сообщить об этом Председателю и членам экзаменационной комиссии.

2.2.4. Геодезическое оборудование и аксессуары: при установке штатива избегать попадания пальцев рук между головкой штатива и креплением ножек, избегать контакта

заостренных концов ножек штатива с телом; при установке штатива следует убедиться, что винты ножек штатива надежно закреплены, не следует чрезмерно затягивать винты ножек - это может привести к срыву резьбы; при необходимости переноса штатива, переносить его разрешается в сложенном состоянии, с затянутыми винтами ножек в строго вертикальном положении за спиной на ремне; при использовании телескопической вехи переносить ее разрешается только в строго вертикальном положении, направлять острие вехи в какую-либо сторону категорически запрещается; при разворачивании или складывании деревянной нивелирной рейки необходимо быть аккуратным и внимательным, чтобы не повредить пальцы рук; при работе с нивелирной рейкой реечник должен надежно её удерживать во избежание ее падения и причинения травмы; запрещается прикасаться руками и касаться нивелирными рейками к проводам, свисающим с опор линий электропередач или же торчащий из земли.

2.2.5. Молотки, кувалды, металлическая арматура: при забивании металлической арматуры в грунт следует внимательно следить за положением инструмента и арматуры и контролировать силу удара во избежание нанесения травмы.

2.2.6. При выполнении экзаменационных заданий и уборке рабочих мест: необходимо быть внимательным, не отвлекаться посторонними разговорами и делами, не отвлекать других участников; соблюдать настоящую инструкцию; соблюдать правила эксплуатации оборудования и инструментов, не допускать падений; поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте; выполнять экзаменационные задания только исправным инструментом;

2.2.7. При неисправности инструмента и оборудования – прекратить выполнение экзаменационного задания и сообщить об этом Председателю и членам экзаменационной комиссии.

2.3 По окончании работы:

После окончания работ каждый участник обязан:

- привести в порядок рабочее место.
- инструмент убрать в специально предназначенное для хранения место.
- сообщить эксперту о выявленных во время выполнения экзаменационных заданий неполадках и неисправностях оборудования и инструмента, и других факторах, влияющих на безопасность выполнения экзаменационного задания.

2.4 Требования охраны труда в аварийных ситуациях

2.4.1. В случае возникновения у участника плохого самочувствия или получения травмы сообщить об этом Председателю и членам экзаменационной комиссии.

2.4.2. При несчастном случае или внезапном заболевании необходимо в первую очередь сообщить о случившемся Председателю и членам экзаменационной комиссии, которые должны принять мероприятия по оказанию первой помощи пострадавшим, вызвать скорую медицинскую помощь по телефону 03 или 112, при необходимости отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

2.4.3. При возникновении пожара необходимо немедленно оповестить Председателю и членам экзаменационной комиссии.

2.4.4. При обнаружении взрывного устройства или других посторонних подозрительных предметов следует изолировать доступ к ним окружающих и немедленно сообщить об этом Председателю комиссии и работникам правоохранительных органов. Запрещается осуществлять какие-либо действия с обнаруженным устройством.

ЗАДАНИЕ: Составление проекта вертикальной планировки

Полевые работы выполняются бригадой из 2х человек, камеральные – индивидуально. Бригады по 2 человека формируются жеребьевкой.

Инструкция

Внимательно прочитайте задание.

В модуле 1: подготовьте прибор, инструменты: тахеометр, штатив, отражатель и проведите работы.

В модуле 2: проведите камеральные работы.

Максимальное время для выполнения задания - 4 академических часа, в том числе: часть А – 90 мин; часть Б – 90мин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ:

Модуль 1: Полевые геодезические работы при выполнении проекта вертикальной планировки

Задание выполняется на учебном полигоне

Оборудование: тахеометр, штатив, отражатель, нивелир, рейка

1. Установить электронный тахеометр таким образом, чтобы при выносе проекта в натуру вершины квадратов были в зоне прямой видимости. Координаты станции определить методом обратной засечки на два исходных пункта. Плановым обоснованием служат исходные пункты, закрепленные на местности в МСК.

Угол между точкой стояния тахеометра и двумя исходными пунктами должен находиться в пределах от 30° до 150°.

2. Используя электронный тахеометр, вежу с отражателем и маркер, закрепить на местности вершины углов квадратов.

3. Необходимо отметить каждую вершину угла квадрата следующим символом: X (не более 10 x 10 см).

Подписать каждое перекрестие, обозначающее углы квадратов, в соответствии с нумерацией на ортофотоплане.

4. Используя оптический нивелир и рейку, передать отметку от пункта высотного обоснования (ПВО) на одну из вершин квадратов методом нивелированием из середины.

Опираясь на точку, на которую передана высота от пункта высотного обоснования (ПВО), определить нивелированием с одной станции, абсолютные отметки всех вершин квадратов (9 абсолютных отметок - Н). Все записи производятся в ведомости технического нивелирования.

Модуль 2: Камеральные работы при выполнении проекта вертикальной планировки.

Задание выполняется в учебной аудитории

Оборудование: ПК с ПО Кредо

1. Произвести расчет абсолютных отметок всех вершин квадратов в журнале технического нивелирования.

2. Произвести расчеты рабочих отметок. Проектной отметкой является средняя из 9 абсолютных отметок («Ведомость вычисления рабочих отметок»).

3. Произвести вычисления точек нулевых работ и определить длины линий «х» с контролем. Длина стороны квадрата 2 м. («Ведомость вычисления точек нулевых работ»).

4. Произвести определение площадей получившихся фигур. Определить среднюю рабочую отметку каждой фигуры и вычислить объемы этих фигур. Произвести вычисление баланса земляных работ («Ведомость вычисления объема земляных работ»).

5. Составить картограмму земляных работ по определенным абсолютным высотам вершин квадратов, используя ПК с установленным программным продуктом Кредо. Картограмма составляется в модели, в масштабе 1:100.

Окончательным графическим документом вертикальной планировки является картограмма земляных работ, на которой указываются фактические и рабочие отметки вершин, положение линии нулевых работ и значение объемов насыпи или выемки грунта по квадратам и отдельным частям. Все фигуры должны быть подписаны в соответствии с ведомостью вычисления объема земляных работ.

Оформленную картограмму земляных работ необходимо вывести на печать.

Ключ к части А:

Показатели оценки результата	Оценка (да-1 / нет-0)
Модуль 1	
A1. Полевые геодезические работы при выполнении проекта вертикальной планировки	
A1.1. - электронный тахеометр установлен и приведен в рабочее положение	да / нет
A1.2.- электронный тахеометр установлен в зоне прямой видимости всех вершин квадратов	да / нет
A1.3.- координаты станции определены методом обратной засечки на два исходных пункта	да / нет
A1.4 - Плановым обоснованием служат исходные пункты, закрепленные на местности в МСК	да / нет
<i>A1.5. - угол между точкой стояния и двумя исходными пунктами находится в пределах от 30° до 150°</i>	да / нет
<i>A1.6 - вершины углов квадратов закреплены на местности</i>	да / нет
A1.7- Коля подписаны в соответствии с нумерацией сетки	да / нет
A2. Длины сторон и диагоналей квадратов закреплены с точностью 0,01м	
сторона 1-3,	да / нет
сторона 1-7,	да / нет
сторона 7-9,	да / нет
сторона 3-9,	да / нет
сторона 7-3,	да / нет
сторона 1-9	да / нет
<i>A2.1.- все линии в створе</i>	да / нет
<i>A2.1.- все колья вбиты вертикально</i>	да / нет
A3. Нивелир установлен и приведен в рабочее положение	да / нет
A3.1 место для установки нивелира выбрано таким образом, что все вершины квадрата находятся в прямой видимости (прибор не переставляется)	да / нет
A3.2 цифры записаны разряд под разрядом	да / нет
A3.3 отчеты по рейке записаны без знаков, в миллиметрах (4 знака)	да / нет
A3.4 ведомость составлена в карандаше	да / нет
A3.5 абсолютные отметки округлены до тысячных	да / нет
A4 Заполнен полевой журнал	да / нет
A5. Все этапы работы выполнены в соответствии с регламентом	да / нет
Максимально	23 балла
Модуль 2	
B1. Камеральные работы при выполнении проекта вертикальной планировки	
B1.1. Цифры написаны разряд под разрядом	да / нет
B1.2. Ведомости посчитана в карандаше	да / нет

Б1.3. Все цифры округлены до тысячных	да / нет
Б1.4. Указаны знаки рабочих отметок	да / нет
Б1.5. Вычислена проектная отметка (средняя)	да / нет
Б1.6. Цифры написаны разряд под разрядом	да / нет
Б1.7. Вычислены все длины сторон	да / нет
Б1.8. Объемы по фигурам записаны в столбцах	да / нет
Б1.9. Вычислен баланс земляных работ	да / нет
Б1.10. Фигуры пронумерованы арабскими цифрами	да / нет
Б1.11. Указаны все фактические и рабочие отметки вершин квадратов	да / нет
Б1.12. Указаны линии нулевых работ	да / нет
Б1.13. Указаны все значения объемов насыпи и выемки грунта по фигурам	да / нет
Б1.14. Указаны все значения площадей каждой фигуры	да / нет
Б1.15. Картограмма составлена в масштабе 1:100	да / нет
Б1.16. Посчитаны объемы насыпи и выемок по столбцам	да / нет
Б1.17. Посчитаны объемы насыпей и выемок по рядам	да / нет
Б1.18. Посчитан общий объемы насыпей и выемок	да / нет
Б2. Оформлена картограмма земляных работ и отправлена на печать	да / нет
Б3. Все этапы работы выполнены в соответствии с регламентом	да / нет
Максимально	20 баллов
ВСЕГО:	43 балла

Инструкция по заполнению шкалы оценки: баллы выставляются с учетом выполнения критериального требования: полное соответствие «да» – 1 балл, несоответствие «нет» – 0 баллов.

Критерии оценки:

- от 37 до 43 правильных ответов – «5» отлично;
- от 28 до 36 правильных ответов – «4» хорошо;
- от 20 до 27 правильных ответов – «3» удовлетворительно;
- 19 и менее правильных ответов – «2» неудовлетворительно

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Методические указания по выполнению курсовой работы/проекта

1 ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1 Структура курсового проекта

Исходным материалом для выполнения курсового проекта служат результаты полевых измерений направлений, углов, превышений, которые приводятся как исходные данные в каждом задании. Индивидуальный номер, меняющий исходные данные, выдается преподавателем.

Пояснительная записка курсового проекта включает в себя следующие структурные элементы:

- Титульный лист.
- СОДЕРЖАНИЕ.
- ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.
- ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ (при наличии).
- ВВЕДЕНИЕ.
- ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
- ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ.
- СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.
- ПРИЛОЖЕНИЕ (при необходимости).

1.2 Характеристика структурных элементов курсового проекта

Заголовок каждого структурного элемента пишется прописными буквами полужирным начертанием по центру страницы.

Титульный лист является первой страницей текстового документа, не нумеруется, включается в общий объем КП.

Структурный элемент «ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ» начинают со слов: «В настоящей «в настоящем курсовом проекте применяют следующие термины с соответствующими определениями».

Структурный элемент «ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ» начинают со слов: «в настоящем курсовом проекте применяют следующие сокращения и обозначения».

ВВЕДЕНИЕ должно содержать: обоснование темы работы/проекта, актуальность выбранной темы; цель и задачи работы/проекта; оценку современного состояния решаемой задачи; основание и исходные; краткое описание методов и средств, с помощью которых будут решаться поставленные задачи; краткое изложение ожидаемых результатов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ должна служить обоснованием специальной части работы и может быть изложена в одном или более разделах. В теоретической части приводятся: математические зависимости, лежащие в основе эксперимента, описание устройства и технические данные приборов, использованных для выполнения эксперимента и методики работы на них; требования нормативных документов.

Все главы должны быть увязаны между собой единым логическим содержанием. В дальнейшем на них автор должен ссылаться при описании своих результатов, т.е. автор должен показать, что все эти сведения ему необходимы при проведении собственных исследований, а не приведены лишь для увеличения объема работы. При этом нужно иметь в виду, что по содержанию всех разделов автору (при защите проекта) могут быть заданы вопросы, на которые он должен дать грамотный ответ.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ приводится описание технологии выполнения исследования и его результаты. Дается анализ результатов исследований, теоретические расчеты, анализ их результатов, обработка полевых (расчетных) данных, их интерпретация, анализ полученных зависимостей, алгоритмов или методики работ и т.п.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ состоит из следующих разделов:

1. Вычисление координат дополнительного пункта, определенного прямой многократной засечкой

1.1 Общие указания и исходные данные

При решении прямой однократной засечки определяют координаты третьего пункта по известным координатам двух исходных пунктов и углам, измеренным на исходных пунктах. Для контроля правильности определения координат пункта засечку делают многократной, т.е. используют более двух исходных пунктов с измерениями на них, что заранее предусматривается в проекте работ. При этом, число вариантов решения однократных засечек подсчитывают по формуле:

$$C = \frac{n(n-1)}{2}, \quad (1)$$

где n-число исходных пунктов.

Существуют различные формулы и схемы для решения прямой однократной засечки, а также алгоритмы и программы для уравнивания многократной засечки на ЭВМ.

При выполнении задания предусматривается использование формул Юнга.

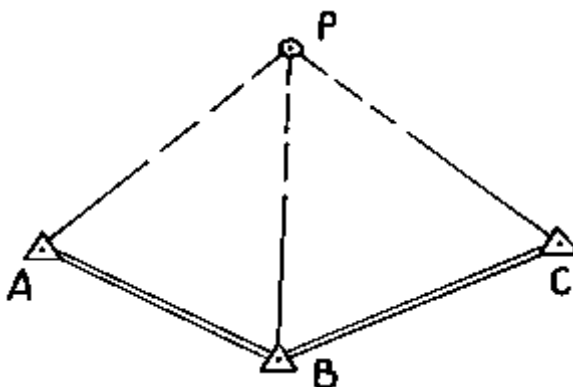


Рисунок 1 – Схема прямой многократной засечки

Таблица 1 Исходные данные для решения прямой засечки

Обозначения пунктов		Измеренные направления, ° ' "	Координаты, м	
			X	Y
A	P	0 00 00	5450,55+Δx	2300,09+Δy
	B	88 44 20 + Δβ'		
B	A	0 00 00	4751,04+Δx	2049,60+Δy
	P	43 16 20 - Δβ'		
	C	72 57 28		
C	B	0 00 00	4711,24+Δx	2906,33+Δy
	P	91 15 39 - Δβ'		

Значения индивидуальных поправок Δ Таблица 2

группы	Δβ'	Δx = Δy, м
23	+ 2' №	23,30 №
24	- 2' №	24,40 №
25	+ 3' №	25,50 №
26	- 3' №	26,60 №
27	+	
28	-	

В таблице 2, № - индивидуальный номер для студента, последние 2 цифры номера стенического.

Общий порядок решения прямой угловой многократной засечки

Составить схему расположения исходных и определяемого пунктов А, В,С и Р, используя известные координаты и углы.

По схеме выбрать два наилучших варианта решения засечки, путем сравнения площадей специально построенных инверсионных треугольников.

Решить два выбранных варианта засечки, используя формулы Юнга; расхождение координат, полученных в двух вариантах, с учетом точности измерений, допускается до 0,2 м. При допустимом расхождении за окончательные значения координат принять средние их значения из двух вариантов.

Произвести оценку точности полученных координат.

Порядок выполнения

1.2 Составление схемы расположения, определяемого и исходных пунктов

Для составления схемы, в ПО начертить координатную сетку и оцифровать ее в масштабе 1:10000 с учетом координат исходных пунктов. Нанести по координатам пункты А, В, С, и пункт Р.

1.3 Выбор наилучших вариантов засечки

Для определения лучших вариантов засечки, на схеме построить инверсионные треугольники: для этого от пункта Р по направлениям РА, РВ, РС отложить отрезки (r), длину которых вычислить по формуле:

$$r_i = \frac{C}{S}, \quad (2)$$

где С – постоянное произвольное число, выбранное с таким расчетом, чтобы значения величины r были порядка 1-3 см; ($C \approx 10$ см)

S – расстояние от определяемого пункта до исходного, измеренное по схеме в сантиметрах.

Вершинами инверсионного треугольника для каждого варианта засечки будут являться пункт Р и конечные точки соответствующих отрезков r_i .

Лучшими вариантами засечки считаются те, у которых наибольшие площади инверсионных треугольников (определить визуально).

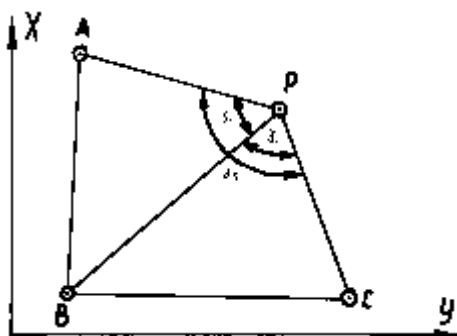


Рисунок 2-Схема построения инверсионных треугольников

1.4 Решение наилучших вариантов засечки

Для решения вариантов засечки использовать следующие формулы Юнга:

$$X_p = \frac{X_1 \operatorname{ctg} \beta + X_2 \operatorname{ctg} \alpha - Y_1 + Y_2}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}, \quad Y_p = \frac{Y_1 \operatorname{ctg} \beta + Y_2 \operatorname{ctg} \alpha + X_1 - X_2}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}, \quad (3)$$

где X_1, Y_1, X_2, Y_2 - координаты исходных пунктов,

α, β - горизонтальные углы, измеренные на исходных пунктах.

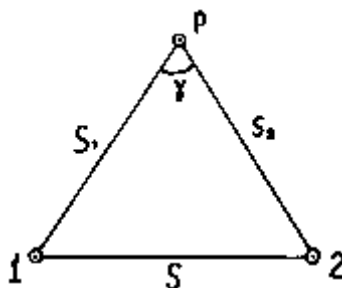


Рисунок 3 - Схема к вычислениям прямой засечки по формулам (3)

В формулах (3) обозначения соответствуют схеме, приведенной на рисунке 3, при вычислении координат по второму варианту засечки следует применить те же обозначения.

Согласно варианту, используя формулы Юнга, вычислить координаты определяемого пункта P, считая исходными пунктами сначала пункты A и B, а затем B и C. Расчеты свести в таблицу 3.

Пример вычисления вариантов прямой засечки.

Таблица 3

Обозначения		Углы, ° ' "	X, м	ctgα, ctgβ, ctgα+ ctgβ	Y, м
пунктов	углов				
1(А)	α	87 41 20	8783,61	0,040358	4320,30
2(В)	β	44 19 20	8084,10	1,023943	4069,80
Р			8521,72	1,064301	4968,05
1(В)	α	28 38 08	8084,10	1,831425	4069,80
2(С)	β	92 18 39	8044,30	-0,040353	4926,53
Р			8521,74	1,791072	4968,05

Среднее значение координат пункта Р: X = 8521,73 м Y = 4968,05м

1.5 Оценка ожидаемой точности полученных результатов

Определить среднюю квадратическую ошибку положения точки Р для каждого варианта засечки по формуле:

$$m_p = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{s_1^2 + s_2^2}, \quad (4)$$

где m_β – средняя квадратическая ошибка измерения углов

(принять в задании $m_\beta = 10''$),

γ - угол в треугольнике при точке Р,

S_1, S_2 - стороны засечки, в м (определить по схеме),

Значение ρ принять в секундах ($\rho = 206265''$).

Среднюю квадратическую ошибку координат, полученных из двух вариантов засечки, найти по формуле:

$$M_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \sqrt{m_{p_1}^2 + m_{p_2}^2}. \quad (5)$$

2. Вычисление координат дополнительного пункта, определенного обратной многократной засечкой

2.1 Общие указания и исходные данные

Решение однократной обратной засечки заключается в определении координат четвертого пункта по трем исходным пунктам и двум углам, измеренным на определяемом пункте. С целью контроля правильности решения задачи на определяемом пункте производятся измерения углов, как минимум на четыре исходных пункта, т.е. засечка делается многократной.

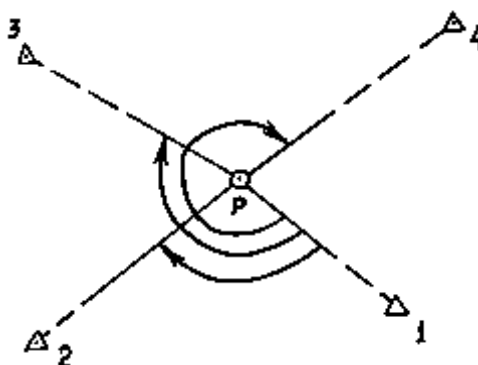


Рисунок 4 - Схема обратной многократной засечки

Таблица 4 - Исходные данные для решения обратной засечки

Группы	Назвпунктов	Координаты, м		Измеренные на пункте Р направления ^{o ' "}
		X	Y	
	1	7219,71-0,50№	3951,55-0,15№	0° 00 '00"
	2	6728,28-0,50№	3916,44-0,15№	59 38 27 -1' 27" №
	3	6768,06-0,50№	3059,70-0,15№	178 41 04 -3' 42" №
	4	7467,57-0,50№	3310,20-0,15№	273 34 50 -1' 06"№
	1	7319,71+0,40№	4051,55 +0,20№	0° 00' 00"
	2	6828,26+0,40№	4016,43+0,20№	59 38 35 +1' 27" №
	3	6868,06+0,40№	3159,70+0,20№	178 41 08 +3' 42" №
	4	7567,57+0,40№	3410,20+0,20№	273 34 52 +1' 08"№
	1	7104,51+0,20 №	3851,55	0° 00 '00"
	2	6613,06+0,20 №	3816,43	59 00 48 +1' 27" №
	3	6652,86+0,20 №	2959,70	177 04 59 +3' 42" №
	4	7352,37+0,20 №	3210,20	273 06 14 +1' 06"№

1	7114,61-0,60 №	3841,45-0,25№	0° 00' 00"
2	6623,16 -0,60 №	3806,33-0,25№	60 14 58 -1' 27" №
3	6662,96–0,60 №	2949,60-0,25№	180 13 31-3' 41" №
4	7362,47–0,60 №	3200,10-0,25№	274 03 12-1' 08"№

В таблице 4, №-индивидуальный номер для каждого студента, номер студенческого билета.

Общий порядок решения обратной многократной засечки

Составить схему расположения определяемого и исходных пунктов, используя известные координаты и углы.

По схеме выбрать два наилучших варианта решения засечки путем сравнения площадей инверсионных треугольников.

Решить два выбранных варианта засечки. Расхождение координат, полученных в двух вариантах, с учетом точности измерений допускается до 0,2 м. При допустимом расхождении за окончательные значения координат принять их средние значения из двух вариантов.

Произвести оценку точности полученных координат определяемого пункта Р.

Порядок выполнения.

2.2 Составление схемы расположения, определяемого и исходных пунктов

Для составления схемы, в ПО начертить координатную сетку и оцифровать ее в масштабе 1:10000 с учетом координат исходных пунктов. Нанести по координатам пункты А, В, С, D и по способу Болотова (направлениям) пункт Р.

2.3 Выбор наилучших вариантов засечки

Если число исходных пунктов (направлений) в обратной засечке больше трех, то выбираются лучшие варианты ее решения из числа вариантов, рассчитываемых по формуле:

$$C = \frac{n(n-1)(n-2)}{6}, \quad (6)$$

где n- число направлений.

Выбор лучших вариантов засечки производится так же, как в прямой засечке по площадям инверсионных треугольников, но вершинами в них будут только конечные точки отрезков pi .

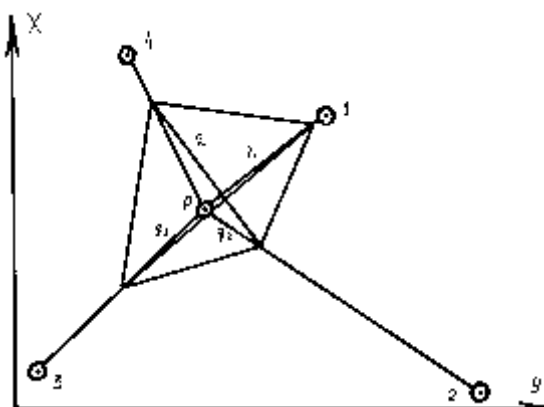


Рисунок 5 - Схема построения инверсионных треугольников при выборе вариантов решения обратной засечки

2.4 Решение наилучших вариантов засечки

Обратная угловая засечка имеет множество способов решения. Для решения поставленной задачи сначала определить дирекционный угол одного из направлений (AP), принятого в качестве главного, по формуле Деламбра:

$$\operatorname{tg} \alpha_{AP} = \frac{\Delta Y_0}{\Delta X_0} = \frac{\Delta Y_{AB} \operatorname{ctg} \beta_2 + \Delta Y_{CA} \operatorname{ctg} \beta_3 + \Delta X_{BC}}{\Delta X_{AB} \operatorname{ctg} \beta_2 + \Delta X_{CA} \operatorname{ctg} \beta_3 + \Delta Y_{CB}} \quad (7)$$

далее, определить дирекционный угол следующего направления:

$$\alpha_{BP} = \alpha_{AP} + \beta_2 \quad (8)$$

После определения дирекционных углов направлений AP и BP, координаты определяемой точки вычислить по формулам Гаусса:

$$X_P = \frac{X_A \operatorname{tg} \alpha_{AP} - X_B \operatorname{tg} \alpha_{BP} + Y_B - Y_A}{\operatorname{tg} \alpha_{AP} - \operatorname{tg} \alpha_{BP}},$$

$$Y_P = Y_A + (X_P - X_A) \operatorname{tg} \alpha_{AP} \quad (9)$$

Для контроля вычислений вторично найти ординату определяемой точки по формуле:

$$Y'_P = Y_B + (X_P - X_B) \operatorname{tg} \alpha_{BP} \quad (10)$$

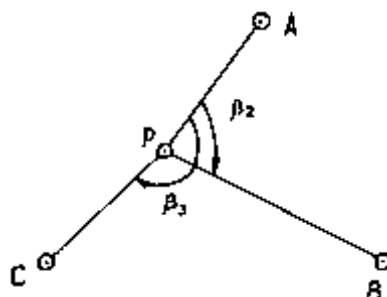


Рисунок 6 - Схема обозначений к вычислениям по формулам (7-11)

Решить два наилучших варианта засечки, используя исходные данные и формулы (7-10). Вычисления произвести по схеме, приведенной в таблице 5.

Если расхождения координат в двух вариантах засечки не превысят 0,2 м (с учетом точности исходных данных) за окончательные значения координат принять их средние значения

Схема для вычислений обратной угловой засечки *Таблица 5*

Обозначения пунктов	Координаты		-	ΔX_{BC}	-	ΔY_{BC}
	A	X_A	Y_A	α_{AP}	-	$\operatorname{tg} \alpha_{AP}$
X_B		Y_B	β_2	ΔX_{AB}	$\operatorname{ctg} \beta_2$	ΔY_{AB}
B	X_C	Y_C	α_{BP}	-	$\operatorname{tg} \alpha_{BP}$	-
C	X_P	Y_P	β_3	ΔX_{CA}	$\operatorname{ctg} \beta_3$	ΔY_{CA}
P			-	Σ	-	Σ
			Y'_P	ΔX_o	$\operatorname{tg} \alpha_{AP} - \operatorname{tg} \alpha_{BP}$	ΔY_o

2.5 Оценка ожидаемой точности полученных результатов

Для оценки ожидаемой точности полученных координат по каждому варианту засечки применить формулу (обозначения согласно рисунку 6):

$$m_p = \frac{m_\beta S_{AB}}{\rho \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\frac{S_{CP}^2}{S_{CB}^2} + \frac{S_{AP}^2}{S_{AB}^2}} \quad (11),$$

где m_p - средняя квадратическая ошибка положения определяемого пункта,

$m_\beta = 10''$ - средняя квадратическая ошибка измерения углов,

$\varphi = \angle PCB$. $\psi = \angle PAB$ - углы, измеряемые транспортиром по схеме,

S - расстояния, измеренные по схеме (м)

Среднюю квадратическую ошибку координат, полученных как средние значения из двух вариантов, вычислить по формуле (5).

3. Уравнивание ходов полигонометрии 2-го разряда, образующих узловую точку

3.1 Общие указания и исходные данные

Для полигонометрических ходов, представленных на рисунке (7) приведены исходные данные в таблицах 6 и 7.

Заданием предусматривается выполнить уравнивание системы ходов упрощенным (раздельным) способом, разделяя уравнивание углов и координат на два этапа.

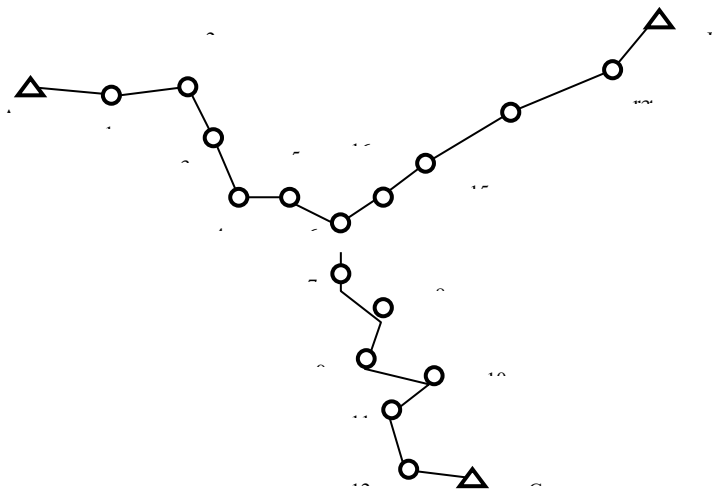


Рисунок 7 – Схема ходов полигонометрии 2-го разряда

Таблица № 6 Измеренные величины

№ точек	Углы ° ' "	Стороны, м	№ точек	Углы ° ' "	Стороны, м	№ точек	Углы ° ' "	Стороны, м
Ход № 1 Углы правые			Ход № 2 Углы правые			Ход № 3 Углы правые		
В			А			В		
А	315 07 35		В	66 49 31		С	27 23 02	
		497,140			512,727			504,716
1	180 56 35		13	180 00 17		12	180 07 36	
		502,751			508,706			506,800
2	179 04 17		14	179 59 41		11	179 55 48	
		500,857			521,445			497,121
3	180 13 31		15	180 00 03		10	180 01 20	
		511,387			427,178			454,503
4	180 25 45		16	150 22 50		9	202 28 31	
		478,306			481,219			411,747
5	180 00 43		6	267 59 46		8	183 44 42	
		511,497						354,236
6	169 23 44		7			7	147 38 48	
								339,469
						6		

Таблица 7 - Данные по исходным пунктам

Обозначение исходных пунктов	Углы, ° ' "	Дирекционные углы ° ' "	Стороны, м	Координаты	
				Х, м	У, м
А	43 54 55	119 13 29+ $\Delta\alpha$	3301,47	2324446,33+ Δx	9450336,72+ Δy
В	103 52 34		4296,16		
С	32 12 31		6013,30		
А					

В таблице 7- $\Delta\alpha = 1^\circ \text{ № гр.} + 1' 01 \text{ №}$, $\Delta_x = \Delta_y = 1000 \text{ м № гр.} + 10, 10 \text{ №}$. где

№ гр.- номер группы, №- индивидуальный номер для студента, номер студенческого билета

3.2 Вычисление координат исходных пунктов и дирекционных углов исходных направлений

По данным, приведенным в таблице 7, вычислить координаты всех исходных пунктов и дирекционных углов исходных направлений (с контролем по контуру треугольника ABC).

Дирекционные углы исходных направлений BC и CA вычислить по формуле:

$$\alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{пред.}} + 180^\circ - \beta_{\text{правый}} \quad (12)$$

Приращения координат вычислить, используя формулы:

$$\Delta X = S \cos \alpha, \quad \Delta Y = S \sin \alpha, \quad (13)$$

затем определить координаты исходных пунктов B и C по формулам:

$$X_{\text{посл.}} = X_{\text{пред.}} + \Delta X, \quad Y_{\text{посл.}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta Y \quad (14)$$

Вычисления произвести в ведомости вычисления координат по схеме, приведенной в таблице 8.

3.3 Вычисление и уравнивание дирекционного угла узловой стороны

Вычислить сумму измеренных углов и дирекционный угол узловой линии (стороны) по каждому ходу. За узловую принять сторону 6-7.

$$\alpha_{\text{узловая}} = \alpha_{\text{исх.}} + 180^\circ n - \sum \beta_{\text{правых}} \quad (15)$$

Вычисления произвести в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 - Схема к вычислениям при уравнивании ходов полигонометрии 2-го разряда.

№№ пунктов	Углы ° ' "	Дирекционные углы	Стороны, м	Приращения координат, м		Координаты, м	
				ΔX	ΔY	X.	Y
1	2	3	4	5	6	7	8

Найти вероятнейшее значение дирекционного угла узловой линии по данным всех ходов, используя формулу:

$$\alpha_{\text{вероят}} = \alpha_0 + \frac{[\Delta \alpha_i P_i]}{[P_i]}, \text{ где } \Delta \alpha_i = \alpha_i - \alpha_0 \quad (16)$$

α_0 - приближенное значение $\alpha_{\text{вероят}}$

Вычислить угловые невязки ходов ($f\beta$) и, при допустимых их значениях ($f_{\text{доп}}$), ввести поправку ($\delta\beta$) во все измеренные углы:

$$f_{\beta} = \alpha_i - \alpha_{\text{вероятн.}}, f_{\text{доп}} = 20'' \sqrt{n}, \delta_{\beta_i} = \frac{f_{\beta_i}}{n} \quad (17),$$

вычисления выполнить в таблицах 8 и 9.

Таблица 9 - Схема к вычислениям при уравнивании дирекционного угла узловой стороны:

№ хода, i	Количество углов, n	Вес хода $P_i = c/n$	Сумма измерен углов $\sum\beta$	Исходный дирекционный угол, $\alpha_{исх}$	Дирек. угол узловой стороны, α_i	$\Delta\alpha_i$	P_i	f_{β}	$f_{доп}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

3.4 Вычисление и уравнивание координат узловой точки

Вычислить по уравненным углам дирекционные углы и приращения координат для сторон ходов (таблица 8). Вычислить координаты узловой точки по данным каждого хода по формулам:

$$X_{\text{узловая}} = X_{\text{исх}} + \sum \Delta X_i, Y_{\text{узлов}} = Y_{\text{исх}} + \sum \Delta Y_i \quad (18)$$

Найти вероятнейшие значения абсциссы (X_B) и ординаты (Y_B) узловой точки по данным всех ходов, используя формулы:

$$X_B = \frac{[X_i P_i]}{[P_i]}, Y_B = \frac{[Y_i P_i]}{[P_i]} \quad (19)$$

3.5 Уравнивание приращений координат и вычисление координат всех точек

Вычислить относительные невязки ($f_{\text{отн.}}$) по каждому ходу и сравнить их с допуском ($\leq 1/5000$). Вычисления произвести в таблице 10. Увязать невязки, если они допустимы, введя поправки в приращения координат, пропорционально длинам сторон, в таблице 8.

$$\delta X_i = X_i - X_e, \delta Y_i = Y_i - Y_e, \delta XY_i = \sqrt{\delta X_i^2 + \delta Y_i^2}, f_{\text{отн.}} = \frac{\delta XY_i}{[S_i]} \quad (20)$$

Таблица 10 - Схема к вычислениям при уравнивании координат узловой точки

№ хода, i	Периметр хода $[S_i]_{,м}$	Вес хода $P_i = \frac{C}{[S_i]}$	Сумма приращений по ходу		Координаты узловой точки		Невязки по ходам			
			$\sum \Delta X_{,м}$	$\sum \Delta Y_{,м}$	$X_{,м}$	$Y_{,м}$	$\delta X_i_{,м}$	$\delta Y_i_{,м}$	$\delta XY_i_{,м}$	$\frac{\delta XY}{[S_i]}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Вычислить координаты всех точек ходов по уравненным приращениям координат.

Вычисления выполнить в таблице 8.

4. Уравнивание ходов технического нивелирования способом полигонов профессора В. В. Попова

4.1 Общие указания и исходные данные

Способ полигонов профессора В. В. Попова применяется для уравнивания как свободной, так и несвободной сети полигонов. Для нивелирной сети этот способ является строгим, т.е. дает такие же результаты, что и метод наименьших квадратов.

Перед уравниванием вычертить схему нивелирной сети (рисунок 8), на которую выписать по ходам и полигонам (фактическим и фиктивным) периметры, число станций, измеренные превышения, фактические и допустимые невязки в сумме превышений по полигонам. Для установления знака невязки направление обхода в каждом полигоне выбрать по ходу часовой стрелки.

Длины фиктивных ходов приравнять к нулю и на схеме эти хода показать пунктирной линией.

Контролем правильности вычисления невязок является условие:

$$[fh] = 0 \quad (20)$$

Вычислить допустимые невязки по формуле:

$$f h \text{ доп} = \pm 50\sqrt{L} \text{ мм}, \quad (21)$$

где L –периметр полигона в км.

Длины ходов:

$$L_i = L_o + \Delta l$$

$$23 \text{ зр.} - \Delta l = +0.1 \text{ км} \cdot \mathcal{N}^{\circ}$$

$$24 \text{ зр.} - \Delta l = -0.1 \text{ км} \cdot \mathcal{N}^{\circ}$$

$$25 \text{ зр.} - \Delta l = +0.2 \text{ км} \cdot \mathcal{N}^{\circ}$$

$$26 \text{ зр.} - \Delta l = +0.25 \text{ км} \cdot \mathcal{N}^{\circ}$$

Высоты исходных реперов:

$$H_{Rp I} = 106,985 \text{ м} - 3 \text{ мм } \mathcal{N}^{\circ}$$

$$H_{Rp II} = 100,132 \text{ м}$$

4.2 Уравнивание превышений по способу полигонов профессора В. В. Попова

Порядок выполнения:

1. Вычертить схему независимых нивелирных полигонов. т.е. всех фактических и фиктивных (кроме одного), на которую, внутри каждого полигона, выписать невязки в сумме превышений полигонам.

2. На схеме, внутри каждого полигона вычертить табличку для невязок и вписать в нее невязку полигона. Для каждого хода, во всех полигонах вычертить табличку поправок и вычислить "красные числа" по формуле:

$$r_i = \frac{n_i}{[n]} . \quad (22)$$

где n_i – число станций в ходе,

$[n]$ - число станций в полигоне.

Красные числа выписать около каждого хода, вне полигона над табличкой для поправок. Контролем правильности вычислений красных чисел является равенство $[r_i] = 1$ по каждому полигону.

3. Итерационным способом распределить невязки полигонов по ходам пропорционально красным числам. Поправки в таблички поправок вне полигона выписываются со знаком невязки. Первую итерацию рационально начинать с полигона, имеющего наибольшую по модулю невязку. При распределении невязок в последующих полигонах учитываются поправки, пришедшие из соседних полигонов.

4. После распределения невязок вычислить поправки по каждому ходу как разность между суммами поправок по внутренней и внешней табличкам.

Контролем вычислений всего итерационного процесса является равенство суммы поправок по ходам невязке по каждому полигону с обратным знаком.

Пример уравнивания превышений по способу полигонов профессора В.В.Попова, т.е. распределение невязок полигонов и вычисление поправок по ходам, с учетом данных рисунка 8, приведен на рисунке 9.

4.3 Вычисление высот всех точек по ходам по уравненным превышениям

Вычислить уравненные превышения между точками нивелирования и высоты точек по каждому ходу в таблице 11.

Поправки в измеренные превышения найти распределяя поправку на ход пропорционально числу станций между точками нивелирования.

4.4 Оценка точности полученных результатов

Произвести оценку точности нивелирования по результатам уравнивания:
вычислить среднюю квадратическую ошибку единицы веса по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{N - q}}, \quad (23)$$

Где

$\frac{C}{P} = \frac{1}{n}$ - вес хода,

C - постоянное произвольное число,

n – число станций в ходе,

V- поправка в превышения на ход из уравнивания,

N – число ходов

q– число узловых точек.

Вычислить среднюю квадратическую ошибку измеренного превышения на один километр хода по формуле:

$$m_{км} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{км}}}, \quad P_{км} = \frac{c}{n_{км}}, \quad n_{км} = \frac{\sum n}{\sum L_{км}}, \quad (24)$$

где $n_{км}$ = число станций на 1 км хода,

$\sum n$ - общее число станций по всем ходам,

$\sum L$ - периметр всех ходов.

Вычислить среднюю квадратическую ошибку измеренного превышения на станции:

$$m_h = \frac{\mu}{\sqrt{C}} \quad (25)$$

Таблица 12 - Схема для вычислений при оценке точности

Обозначение ходов	L, км	n	V, мм	V ² , мм	p	PV ²
1	2	3	4	5	6	7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ должно содержать: краткие выводы по результатам работы; оценку полноты решения поставленной задачи; рекомендации по конкретному использованию результатов работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ должен содержать названия учебников, журналов и статей, документов из Internet, производственных отчетов, нормативных документов, использованных при выполнении работы.

В ПРИЛОЖЕНИЕ целесообразно включать крупномерные схемы и чертежи, не соответствующие формату работы; многочисленные цифровые данные.

2 ОФОРМЛЕНИЕ И СДАЧА РАБОТЫ

В пояснительной части необходимо привести описание методики расчетов и сделать выводы после их проведения по каждому отдельному заданию. При выполнении расчетов обязательна ссылка на используемые формулы. Промежуточные вычисления производить с количеством значащих цифр обеспечивающих нужную точность результатов и не загружать вычисления и окончательные лишними цифрами.

При сдаче работы необходимо дать ответы на следующие контрольные вопросы:

1 объясните назначение и область применения прямой и обратной угловых засечек в геодезических сетях сгущения;

2 объясните, почему прямые и обратные угловые засечки делают многократными;

3 поясните какое необходимое минимальное количество исходных пунктов должно быть при многократных прямых и обратных угловых засечках;

4 поясните, от чего зависит точность координат, определенных прямыми и обратными угловыми засечками;

5 объясните, в чем разница выполненного упрощенного уравнивания системы полигонометрических ходов со строгим уравниванием по способу наименьших квадратов;

6 поясните, в чем заключается контроль вычисления невязок в полигонах для свободной и несвободной нивелирной сети;

7 поясните, как вычисляются "красные" числа для ходов при уравнивании превышений по способу полигонов профессора В.В.Попова и их соотношение с весами ходов.

ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Процедура защиты включает:

- доклад (не более 7 минут);
- вопросы руководителя;
- ответы студента на вопросы.

Доклад студента должен отражать основное содержание работы с кратким изложением постановки задачи, ее реализации и выводов. Не рекомендуется зачитывать доклад с листа. Во время доклада используется заранее подготовленные наглядные материалы, собранные в электронную презентацию.

При определении окончательной оценки по защите КП учитывается:

- доклад;
- ответы на вопросы;
- отзыв руководителя;
- общее впечатление от качества представленных материалов.

Оценкой защиты курсовой работы/проекта является: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Общие критерии оценки:

«Отлично» - обучающегося отличает четкость и краткость изложения доклада, глубокая и полная проработка темы курсовой работы/проекта, умение решать практические задачи, высказывать и обосновывать свои суждения; грамотные, логические ответы на дополнительные вопросы; качественное выполнение и оформление курсовой работы/проекта.

«Хорошо» - студент грамотно излагает доклад, осознанно применяет знания для решения практических задач, но содержание и форма доклада и ответов на дополнительные вопросы имеют некоторые неточности; качественное оформление курсовой работы, пояснительной записки и графической части курсового проекта.

«Удовлетворительно» - доклад излагается неполно, непоследовательно, допускаются неточности при решении практических задач; не умеет доказательно обосновать свои суждения; неаккуратное оформление курсовой работы, пояснительной записки и графической части курсового проекта.

«Неудовлетворительно» - разрозненный, бессистемный доклад, неумение решать практические задачи, ошибки в определении технических, экономических, производственных понятий, искажающих их смысл; незнание и непонимание сути дополнительных вопросов.