МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
_____ А.А. Зубков

02.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Маркшейдерское дело

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
30.01.2026, протокол № 5

Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
02.02.2026 г. протокол № 5

Председатель _____ А.А. Зубков

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ГМДиОПИ, _____А.А. Пухова

Рецензент:
директор ООО «Магнитогорская маркшейдерско-геодезическая компания» ,

А. А. Шекунова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 - 2032 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2032 - 2033 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Для горного инженера-маркшейдера анализ точности маркшейдерско-геодезических измерений является важнейшей из дисциплин. Вовремя выявленные ошибки при маркшейдерских измерениях и правильно запроектированные маркшейдерские сети являются одной из предпосылок рациональной и безопасной разработки месторождения.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов прочных знаний об анализе и оценке точности результатов маркшейдерско-геодезических измерений, привития навыков выполнения необходимых вычислений.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Анализ точности маркшейдерских работ входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Геодезия и маркшейдерия

Физика

Маркшейдерские работы при разработке россыпных месторождений

Маркшейдерские работы при открытой разработке месторождений полезных ископаемых

Высшая математика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Маркшейдерское обеспечение безопасности ведения горных работ

Производственная - преддипломная практика

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Анализ точности маркшейдерских работ» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1 Способен выполнять инженерно-геодезические изыскания, планировать развитие горных работ, осуществлять маркшейдерский контроль состояния горных выработок, зданий сооружений и земной поверхности на всех этапах освоения и охраны недр с обеспечением промышленной и экологической безопасности	
ПК-1.1	Составляет проекты производства маркшейдерских и геодезических работ, осуществляет контроль за выполнением изыскательских работ
ПК-1.2	Планирует развитие горных работ и контролирует соответствие фактического развития горных работ проектам и календарным планам
ПК-1.3	Обосновывает и использует методы геометризации и прогнозирования размещения показателей месторождения в пространстве
ПК-1.4	Анализирует и типизирует условия разработки месторождений полезных ископаемых для их комплексного использования, выполняет различные оценки недропользования

ПК-2 Способен выполнять маркшейдерско-геодезические работы, определять пространственно-временные характеристики состояния земной поверхности и недр, горно-технических систем, подземных и наземных сооружений и отображать информацию в соответствии действующими нормативными документами	
ПК-2.1	Использует законы и иные нормативные правовые акты в области геологического изучения, использования и охраны недр и окружающей среды; нормативные правовые акты, руководящие, методические и нормативные материалы, касающиеся деятельности маркшейдерской службы;
ПК-2.2	Осуществляет необходимые маркшейдерские камеральные и полевые работы, оформляет производственную документацию и отчетность
ПК-2.3	Использует геоинформационные системы для выполнения маркшейдерских работ
ПК-2.4	Устанавливает пригодность геодезического оборудования и приборов к работе
ПК-3 Способен организовывать деятельность подразделений по маркшейдерскому обеспечению недропользования	
ПК-3.1	Разрабатывает и доводит до исполнителей наряды и задания на выполнение маркшейдерских работ
ПК-3.2	Осуществляет контроль качества работ и обеспечивает правильность их выполнения исполнителями

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 49,3 акад. часов:

– аудиторная – 48 акад. часов;

– внеаудиторная – 1,3 акад. часов;

– самостоятельная работа – 58,7 акад. часов;

– в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Оценка точности положения пунктов маркшейдерской опорной сети								
1.1 Общие положения. Погрешности коор-динат последней точки свободного поли-гонометрического хода в зависимости от погрешности измерения углов и длин. Погрешность положения последней точки свободного полигонометрического хода	6	1		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
1.2 Влияние погрешности исходного дирекционного угла на ошибку положения последней точки свободного хода. Погрешность дирекционного угла любой стороны свободного полигонометрического хода		2		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
1.3 Средние квадратические погрешности координат последнего пункта полигонометрического хода при наличии начальной и конечной гиросторон. СКП положения последнего		2		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2

пункта полигонометрического хода, имеющего несколько гироторон. Погрешность положения последнего пункта гирополигона. Погрешность дирекционного угла любой стороны полигонометрического хода при наличии первой и последней гироторон								
1.4 СКП координат любой вершины уравненного полигонометрического хода. СКП положения последней точки свободного вытянутого равностороннего хода.	6	2		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
1.5 Накопление погрешностей в ходах геометрического и тригонометрического нивелирования. Накопление погрешностей в ходах светодальномерной полигонометрии		2		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		9		10	20			
2. Предрасчет погрешности смыкания встречных забоев								
2.1 Общие сведения о сбойках и их маркшейдерском обеспечении. Предрасчет погршности сбойки встречных забоев выработок одной шахты	6	2		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
2.2 Предрасчет несбойки встречных забоев при проведении выработки между разными шахтами. Предрасчет несбойки при проведении вертикальных горных выработок		2		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		4		4	8			
3. Анализ ориентирования подземных сетей								
3.1 Ориентирование подземных сетей через штольни или наклонные стволы. Погрешность геометрического ориентирования через один вертикальный ствол	6	2		2	4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
3.2 Погрешность ориентирования подземных сетей через два вертикальных ствола. Контроль ориентирования подземных сетей через два вертикальных ствола		1		4	6	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		3		6	10			

4. Точность измерений								
4.1 Факторы, определяющие точность измерений. Погрешность измерения угловых величин.	6	2		2	6,6	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
4.2 Погрешность измерения сторон подземных полигонов. Погрешность определения координат спутниковыми системами		2			4	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		4		2	10,6			
5. Предрасчет точности положения пунктов маркшейдерских сетей								
5.1 Общие сведения. Определение погрешности положения конечного пункта свободного полигонометрического хода с учетом погрешности ориентирования его первой стороны. Определение погрешности положения конечного пункта полигонометрического хода, разделенного на секции гиросторонами.	6	2			6	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
5.2 Предварительная оценка точности смыкания забоев, проводимых в пределах одной шахты и из разных шахт		2		2	4,1	Изучение основной и дополнительной литературы по дисциплине, конспекта лекций	Выполнение и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		4		2	10,1			
Итого за семестр		24		24	58,7		зао	
Итого по дисциплине		24		24	58,7		зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно- иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Лекции проходят в традиционной форме. На лекциях излагается новый материал, сопровождающийся вопросами-ответами по теме лекции.

Практические работы выполняются студентами по индивидуальным вариантам.

Самостоятельная работа заключается в проработке отдельных вопросов при изучении дисциплины и при подготовке к сдаче экзамена.

2. Игровые технологии – организация образовательного процесса, основанная на реконструкции моделей поведения в рамках предложенных сценарных условий.

Формы учебных занятий с использованием игровых технологий:

Учебная игра – форма воссоздания предметного и социального содержания будущей профессиональной деятельности специалиста, моделирования таких систем отношений, которые характерны для этой деятельности как целого.

Деловая игра – моделирование различных ситуаций, связанных с выработкой и принятием совместных решений, обсуждением вопросов в режиме «мозгового штурма», реконструкцией функционального взаимодействия в коллективе и т.п.

Ролевая игра – имитация или реконструкция моделей ролевого поведения в предложенных сценарных условиях.

3. Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлксию. Основные типы проектов: Исследовательский проект – структура приближена к формату научного исследования (доказательство актуальности темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, выдвижение гипотезы, обобщение результатов, выводы, обозначение новых проблем).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

Михайлова, Т. В. Анализ точности маркшейдерский измерений : учебное пособие / Т. В. Михайлова, Т. Б. Рогова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 109 с. — ISBN 978-5-906888-85-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/105415 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дьяков, Б.Н. Геодезия [Электронный ресурс]: учебник / Б.Н. Дьяков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 416 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/111205 .

Голубев В.В. Геодезия. Теория математической обработки геодезических измерений: Учеб. для вузов. – М.: Московский государственный университет геодезии и картографии, 2016. 422 с. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30089838

б) Дополнительная литература:

Сапронова, Н. П. Маркшейдерия : Анализ точности маркшейдерских работ : Лабораторный практикум : учебное пособие / Н. П. Сапронова, Ю. Н. Новичихин. — Москва : МИСИС, 2015. — 69 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/93604 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перфильев, А. А. Теория математической обработки геодезических измерений : учебное пособие / А. А. Перфильев. — Новосибирск : СГУВТ, 2019. — 80 с. — ISBN 978-5-8119-0810-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/147160

Беликов, А. Б. Математическая обработка результатов геодезических измерений: учебное пособие / А. Б. Беликов, В. В. Симонян. — 2-е изд. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2016. — 432 с. — ISBN 978-7264-1255-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/73707.

Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс : учебник / М. Я. Брынь, Е. С. Богомолова, В. А. Коугия, Б. А. Лёвин ; под редакцией В. А. Коугия. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1831-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/643245

Периодические издания:

Горный журнал. Известия ВУЗов. Маркшейдерия и недропользование. Геодезия и картография. Вестник МГУ. Выпуск 4. Геология. Горный информационно-аналитический бюллетень.

в) Методические указания:

Методические указания для выполнения практических работ представлены в приложении 3.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.5 Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам», Образование в области техники и технологий, Горное дело.

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:
Тип и название аудитории Оснащение аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа 063 Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления
Учебная аудитория для проведения практических занятий Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации.
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 067 Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Помещение для самостоятельной работы Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Приложение 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала и выполнения домашних заданий с консультациями преподавателя.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Угловая средняя квадратическая ошибка (СКО) полигонометрического хода. Вывод формулы.
2. Линейная средняя квадратическая ошибка (СКО) полигонометрического хода. Вывод формулы.
3. Продольная СКО полигонометрического хода. Вывод формулы.
4. Поперечная СКО полигонометрического хода. Вывод формулы.
5. СКО положения конечной точки вытянутого висячего полигонометрического хода. Углы предварительно не исправлены за невязку.
6. СКО положения конечной точки изогнутого висячего полигонометрического хода. Углы предварительно не исправлены за невязку.
7. СКО положения конечной точки изогнутого полигонометрического хода. Углы предварительно исправлены за невязку.
8. СКО положения конечной точки вытянутого полигонометрического хода. Углы предварительно исправлены за невязку.
9. СКО положения конечной точки замкнутого полигонометрического хода. Углы предварительно не исправлены за невязку.
10. СКО положения конечной точки замкнутого полигонометрического хода. Углы предварительно исправлены за невязку.
11. Источники ошибок измерений в полигонометрии.
12. Расчёт точности измерения горизонтального угла в полигонометрическом ходе.
13. Влияние редукции на измеренный горизонтальный угол.
14. Влияние центрировки на измеренный горизонтальный угол.
15. Виды несбоек и расчёт допусков для построения планового обоснования.
16. Виды несбоек и расчёт допусков для построения высотного обоснования.
17. Влияние ошибки ориентирования первой линии вытянутого хода подземной полигонометрии на поперечный сдвиг конечной точки хода.
18. Способы уравнивания сетей подземных полигонометрических ходов.
19. Погрешность тригонометрического нивелирования.

Погрешность геометрического нивелирования.

Приложение 2

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:
Примерное содержание:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-1 - Способен выполнять инженерно-геодезические изыскания, планировать развитие горных работ, осуществлять маркшейдерский контроль состояния горных выработок, зданий сооружений и земной поверхности на всех этапах освоения и охраны недр с обеспечением промышленной и экологической безопасности		
ПК-1.1	Составляет проекты производства маркшейдерских и геодезических работ, осуществляет контроль за выполнением изыскательских работ	**Примерный перечень вопросов** 1. Угловая средняя квадратическая ошибка (СКО) полигонометрического хода. Вывод формулы. 2. Линейная средняя квадратическая ошибка (СКО) полигонометрического хода. Вывод формулы. 3. Продольная СКО полигонометрического хода. Вывод формулы. 4. Поперечная СКО полигонометрического хода. Вывод формулы.
ПК-1.2	Планирует развитие горных работ и контролирует соответствие фактического развития горных работ проектам и календарным планам	Примерный перечень практических работ 1. Оценка точности угловых измерений. 2. Оценка точности линейных измерений.
ПК-1.3	Обосновывает и использует методы геометризации и прогнозирования размещения показателей месторождения в пространстве	**Примерный перечень вопросов** 1. Источники ошибок измерений в полигонометрии. 2. Расчёт точности измерения горизонтального угла в полигонометрическом ходе. 3. Способы уравнивания сетей подземных полигонометрических ходов.
ПК-1.4	Анализирует и типизирует условия разработки месторождений полезных ископаемых для их комплексного использования, выполняет различные оценки недропользования	1. Предварительная оценка точности смыкания встречных забоев, проводимых в пределах одной шахты 2. Способы уравнивания сетей подземных полигонометрических ходов.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-2: Способен выполнять маркшейдерско-геодезические работы, определять пространственно-временные характеристики состояния земной поверхности и недр, горно-технических систем, подземных и наземных сооружений и отображать информацию в соответствии действующими нормативными документами		
ПК-2.1	Использует законы и иные нормативные правовые акты в области геологического изучения, использования и охраны недр и окружающей среды; нормативные правовые акты, руководящие, методические и нормативные материалы, касающиеся деятельности маркшейдерской службы;	**Примерный перечень вопросов к экзамену** 1. Угловая средняя квадратическая ошибка (СКО) полигонометрического хода. 2. Линейная средняя квадратическая ошибка (СКО) полигонометрического хода.
ПК-2.2	Осуществляет необходимые маркшейдерские камеральные и полевые работы, оформляет производственную документацию и отчетность	**Примерный перечень практических работ** 1. Оценка точности тригонометрического нивелирования. 2. Анализ ориентирования подземной маркшейдерской сети через два вертикальных ствола
ПК-2.3	Использует геоинформационные системы для выполнения маркшейдерских работ	**Примерный перечень вопросов к экзамену:** 1. Виды несбоек и расчёт допусков для построения планового обоснования. 2. Виды несбоек и расчёт допусков для построения высотного обоснования. 3. Влияние ошибки ориентирования первой линии вытянутого хода подземной полигонометрии на поперечный сдвиг конечной точки хода.
ПК-2.4	Устанавливает пригодность геодезического оборудования и приборов к работе	**Примерный перечень вопросов к экзамену:** 1. Источники ошибок измерений в полигонометрии. 2. Расчёт точности измерения горизонтального угла в полигонометрическом ходе. 3. Влияние редукции на измеренный горизонтальный угол. 4. Влияние центрировки на измеренный горизонтальный угол. 5. Виды несбоек и расчёт допусков для построения планового обоснования. 6. Виды несбоек и расчёт допусков для построения высотного

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-3: Способен организовывать деятельность подразделений по маркшейдерскому обеспечению недропользования		
ПК-3.1	Разрабатывает и доводит до исполнителей наряды и задания на выполнение маркшейдерских работ	1. Виды несбоек и расчёт допусков для построения планового обоснования. 2. Виды несбоек и расчёт допусков для построения высотного обоснования. 3. Влияние ошибки ориентирования первой линии вытянутого хода подземной полигонометрии на поперечный сдвиг конечной точки хода. 4. Способы уравнивания сетей подземных полигонометрических ходов.
ПК-3.2	: Осуществляет контроль качества работ и обеспечивает правильность их выполнения исполнителями	1. СКО положения конечной точки вытянутого висячего полигонометрического хода. 2. Виды несбоек и расчёт допусков для построения планового обоснования. 3. Виды несбоек и расчёт допусков для построения высотного обоснования.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Примерная структура и содержание пункта:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Анализ точности маркшейдерских работ» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по билетам, каждый из которых включает 3 теоретических вопроса.

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Практическая работа № 1

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1 Цель работы

Выполнить оценку точности угловых измерений путем вычисления средних квадратических погрешностей измерений горизонтального и вертикального углов.

1.2 Задание и исходные данные

1. Определить общую среднюю квадратическую погрешность (далее СКП) горизонтального угла β (рис. 1.1.), если измерения производились одним приемом и одним повторением с помощью оптического теодолита технической точности (согласно техническим характеристикам прибора - допускаемая погрешность измерения горизонтального угла одним приемом составляет не более 30 секунд).

Исходные данные по вариантам приведены в табл. 1.1: длины горизонтальных проекций сторон S_1, $S2$ и их углы наклона δ_1, δ_2 линейные СКП центрирования теодолита l_T и сигналов l_c, угловое расстояние между нитями биссектора d; инструментальная погрешность $m_{инстр}$; погрешность от влияния внешних условий $m_{вн\ усл.}$

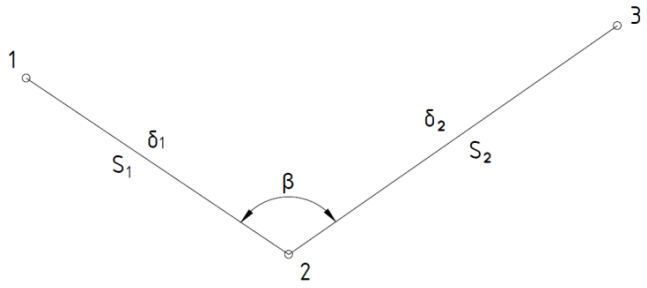


Рис. 1.1. Схема измерения горизонтального угла

2. Определить СКП измерения горизонтальных углов по невязкам независимых полигонов, пройденных в одинаковых условиях. Установить, к какому классу точности маркшейдерских сетей может быть отнесена анализируемая система полигонов согласно требованиям Технической инструкции.

Исходные данные по вариантам приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Исходные данные

№ вар	β			δ_1			δ_2			S_1, м	S_2, м	l_T, м	l_c, м	d, "	$m_{инстр}$, "	$m_{в\ н\ усл.}$, "
	°	'	"	°	'	"	°	'	"							
1	102	37	00	11	07	30	20	02	00	22,300	68,891	0,002	0,001	40	5	7
2	145	34	30	16	25	00	28	24	30	20,776	91,542	0,001	0,001	49	9	8
3	171	23	30	25	52	30	35	36	00	73,086	85,988	0,002	0,002	45	12	10
4	186	46	00	1	41	00	29	44	30	32,123	46,857	0,002	0,001	41	10	8
5	167	54	30	28	33	30	44	28	00	38,599	96,748	0,001	0,001	44	5	9
6	123	28	30	12	11	00	38	54	30	20,157	68,763	0,002	0,002	50	11	5
7	175	35	00	27	13	00	45	08	30	68,763	76,607	0,002	0,001	46	6	7
8	178	21	30	2	4	3	3	3	0	51,85	25,46	0,00	0,001	5	8	10

					6	0	0	1	0	7	3	1		0		
9	182	56	00	21	27	00	37	48	30	48,187	89,921	0,002	0,002	42	9	5
10	166	25	30	26	53	30	46	15	00	37358	80,638	0,002	0,001	40	12	7
11	155	36	30	3	04	00	21	57	30	29,746	27,139	0,001	0,001	49	7	12
12	95	29	00	17	19	00	31	07	50	30,489	51,468	0,002	0,002	40	10	6
13	140	50	30	20	09	00	47	18	30	22,223	25,335	0,002	0,001	50	8	6
14	121	15	00	4	47	30	22	44	00	84,457	72,692	0,001	0,001	43	7	8
15	179	08	30	18	26	30	38	12	00	27,387	35,158	0,002	0,002	48	8	6
16	160	05	00	29	43	00	43	55	30	24,855	68,599	0,002	0,001	42	10	7
17	171	16	00	5	21	00	23	32	30	33,607	71,855	0,001	0,001	44	6	9
18	179	30	30	13	14	00	39	47	30	26,137	30,489	0,002	0,002	47	9	5
19	157	45	30	2	4	3	4	0	0	51,46	12,22	0,00	0,0015	5	9	

				2	3	0	8	8	0	8	3	2	0			
20	170	40	00	6	51	00	24	24	30	23,536	84,457	0,001	0,001	43	7	12
21	186	37	00	10	07	30	12	02	00	25,300	60,891	0,002	0,002	40	5	7
22	135	35	00	20	25	00	28	28	30	40,776	95,542	0,002	0,001	49	6	8
23	145	16	30	20	52	30	30	36	00	75,086	82,988	0,001	0,001	45	6	10
24	115	15	00	11	41	00	25	44	30	32,123	46,857	0,002	0,002	41	10	8
25	145	35	30	30	33	30	44	28	00	45,599	96,748	0,002	0,001	44	5	9
26	186	37	00	10	07	30	12	02	00	25,300	60,891	0,001	0,001	40	5	7
27	135	35	00	20	25	00	28	28	30	40,776	95,542	0,002	0,002	49	6	8
28	145	16	30	20	52	30	30	36	00	75,086	82,988	0,002	0,001	45	6	10
29	115	15	00	11	41	00	25	44	30	32,123	46,857	0,001	0,001	41	10	8
30	145	35	30	3	3	3	4	2	0	45,59	96,74	0,00	0,002	4	5	9

				0	3	0	4	8	0	9	8	2				

Таблица 1.2

Исходные данные

Полигоны														
№ варианта	n_i	$f_{\beta i}$, "	n_i	$f_{\beta i}$, "	n_i	$f_{\beta i}$, "	n_i	$f_{\beta i}$, "	n_i	$f_{\beta i}$, "	n_i	$f_{\beta i}$, "	n_i	$f_{\beta i}$, "
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	9	135	8	102	10	142	7	95	12	156	6	88	7	95
2	6	110	7	95	8	127	5	80	10	142	5	80	9	108
3	5	101	8	102	7	119	6	88	10	142	9	108	12	125
4	12	156	9	108	10	142	6	88	7	119	8	102	9	108
5	7	119	6	88	5	101	8	102	7	119	8	102	9	108
6	9	135	5	80	4	90	6	88	9	135	7	95	6	88
7	8	127	9	108	12	156	8	102	7	119	6	88	9	108
8	8	127	10	114	12	156	10	114	8	127	7	95	7	958
9	8	127	8	102	9	135	12	125	12	156	14	135	8	102
10	6	110	8	102	10	142	12	125	9	135	7	95	6	88
11	8	127	8	102	9	135	9	108	12	156	6	88	12	125
12	8	127	7	95	9	135	10	114	12	156	11	119	8	102
13	16	180	12	125	15	174	14	135	8	127	7	95	9	108

14	5	101	6	88	8	127	10	114	9	135	8	102	7	95
15	8	127	12	125	12	156	10	114	10	142	11	119	9	108
16	8	127	9	108	15	174	16	144	20	201	15	139	9	108
17	6	110	8	102	10	142	12	125	8	127	7	95	9	108
18	8	127	9	108	8	127	7	95	9	135	15	139	12	125
19	6	110	10	114	12	156	6	88	15	174	8	102	12	125
20	8	127	12	125	15	174	8	102	9	135	15	139	9	108
21	5	101	8	102	12	156	7	95	12	156	7	95	7	95
22	6	110	7	95	8	127	5	80	10	142	5	80	9	108
23	6	110	8	102	10	142	6	88	10	142	8	102	12	125
24	12	156	9	108	10	142	6	88	7	119	8	102	9	108
25	7	119	6	88	5	101	8	102	7	119	8	102	9	108
26	5	101	8	102	12	156	7	95	12	156	7	95	7	95
27	6	110	7	95	8	127	5	80	10	142	5	80	9	108
28	6	110	8	102	10	142	6	88	10	142	8	102	12	125
29	12	156	9	108	10	142	6	88	7	119	8	102	9	108
30	7	119	6	88	5	101	8	102	7	119	8	102	9	108

3. Определить СКП измерения вертикального угла *n* способом приемов теодолитом с фокусным расстоянием объектива $f_{об}$ толщиной горизонтальной нити трубы теодолита *b*, точностью отсчитывания по вертикальному кругу *t* и ценой деления уровня τ.

1.3 Теоретическое введение

Общая СКП измерения горизонтального угла определяется по формуле:

$$m_\beta = \pm\sqrt{(m^2 + m_ц^2 + m_i^2 + m_{ин}^2 + m_{вн.усл}^2)} \quad (1.1)$$

Составляющие общей СКП определяются по следующим формулам:

а) СКП горизонтального угла при измерении способом приемов:

$$m = \pm\sqrt{\frac{m_в^2}{n} + \frac{m_o^2}{n}} \quad (1.2)$$

СКП горизонтального угла при измерении способом повторений:

$$m = \pm\sqrt{\frac{m_в^2}{n} + \frac{m_o^2}{2n^2}} \quad (1.3)$$

где *n* - число приемов или повторений;

m_B - погрешность визирования, $m_B = \pm\frac{d}{12}$ или $m_B = \pm\frac{60''}{V}$;

m_O - погрешность отсчета, $m_O = \pm\frac{t}{3.5}$;

t - точность отсчетного приспособления горизонтального круга теодолита, *t* = 30";

V - кратность трубы теодолита. Например, для 2Т30 V = 20×.

б) СКП центрирования:

$$m_ц = \pm\frac{\rho}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{l_C^2}{S_1^2} + \frac{l_C^2}{S_2^2} + \frac{l_T^2}{S_1^2 S_2^2}(S_1^2 + S_2^2 - 2S_1 S_2\cos\beta)} \quad (1.4)$$

где ρ″=206265″.

в) СКП от невертикальной установки оси вращения теодолита:

$$m_i = \pm i(\tan\delta_1 - \tan\delta_2) \quad (1.5)$$

где *i* – СКП установки оси вращения теодолита в вертикальное положение, *i* = 0,15τ;

τ- цена деления уровня. Например, для 2Т30 τ=45″.

СКП измерения горизонтальных углов по невязкам полигонов определяется по формуле

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{\left[\frac{f_{\beta i}^2}{n_i}\right]}{N}} \quad (1.6)$$

где $f_{\beta i}^2$ – угловая невязка *i*-го полигона;

n_i - число горизонтальных углов в *i*-ом полигоне;

N - число полигонов.

В соответствии с требованиями Технической инструкции СКП измерения горизонтальных углов не должны превышать:

- в опорных сетях ± 20" (с учетом погрешности центрирования теодолита);
- в съемочных сетях ± 40".

Общая СКП измерения вертикальною угла определяется по формуле:

$$m_\delta = \pm\sqrt{\frac{m_o^2 + m_B^2 + m_y^2}{2n}} \quad (1.7)$$

где n – число приемов, n=2;

m_o – погрешность отсчета, $m_o \approx \frac{t}{3,5}$;

t – точность отсчитывания по вертикальному кругу, t=30″;

m_B - погрешность визирования с учетом того, что визирование производится не по биссектору, а по одной горизонтальной нити: $m_B = \frac{1b\rho''}{2f_{об}}$;

b – толщина горизонтальной нити теодолита. Для вычислений принять b=0,02 мм;

$f_{об}$ – фокусное расстояние объектива. Для вычислений принять $f_{об}$=157 мм;

$m_У$ – погрешность установки оси уровня в горизонтальное положение, $m_У$=0,2τ;

τ – цена деления уровня. Например, для 2Т30 τ=45″. Если при измерении углов наклона в крутых горных выработках применялся накладной уровень, то необходимо принимать соответствующее значение τ согласно техническим характеристикам.

1.4 Краткие методические указания к выполнению практической работы

При традиционном решении задачи определения СКП измерения горизонтальных углов по невязкам полигонов следует вычисления производить в формуляре следующего вида:

№ полигона	n_i	$f_{\beta i}$	$f_{\beta i}^2$	$\frac{f_{\beta i}^2}{n_i}$
				Σ

Практическая работа №2
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Цель работы

Выполнить оценку точности результатов измерений длин линий путем вычисления средних квадратических погрешностей.

2.2 Задание и исходные данные

1. Вычислить СКП измерения длины линии *(l,* м). если измерения проводились в прямом и обратном направлениях стальной рулеткой (*l*', м) с натяжением 10 кг. Исходные данные приведены в табл. 2.1: угол наклона линии (δ, °); и площадь поперечного сечения полотна рулетки (F, см^2); погрешность определения температуры воздуха (m_t, °); линейное смешение промежуточных точек от створа линии при провешивании ***(m,*** см), СКП отсчета по рулетке при измерении длины одного пролета *l*' рулеткой на весу ***(m$_o$,*** мм); погрешность измерения угла наклона (m$_δ$, ″).

Таблица 2.1

Исходные данные

№ варианта	*l*, м	*l*', м	δ			± m_t, °	m, см	±***m$_o$,*** мм	± m$_δ$, ″
			…°	…′	…″				
1	93,018	50	10	09	00	1,5	8	1,5	см. Практическая работа №1
2	82,908	50	28	41	30	5,0	10	1	
3	49,176	30	20	30	00	2,0	2	1,5	
4	39,377	30	11	27	00	4,5	3	1	
5	77,430	30	29	39	30	1,5	5	1,5	
6	50,410	30	36	14	30	4,0	6	1	
7	69,659	30	12	51	00	4,5	4	1,5	
8	95,478	50	30	03	00	2,5	8	1	

9	54,528	30	21	57	30	3,5	5	1,5	
10	73,563	30	13	34	30	4,5	6	1	
11	91,913	50	31	49	00	2,5	9	1,5	
12	69,010	30	22	24	00	3,0	3	1	
13	71,140	30	37	01	30	4,5	4	1,5	
14	92,639	50	14	29	00	4,0	10	1	
15	83,359	30	32	46	30	5,0	5	1,5	
16	68,188	30	23	18	30	3,5	6	1	
17	76,860	30	15	47	30	4,5	3	1,5	
18	58,510	30	33	26	00	4,0	4	1	
19	46,600	30	24	11	30	3,0	5	1,5	
20	51,128	30	38	06	00	4,5	6	1	
21	72,142	30	16	20	30	2,5	7	1,5	
22	84,743	50	34	58	00	3,5	10	1	
23	35,520	30	25	08	30	5,0	4	1,5	
24	51,407	30	39	15	30	2,0	5	1	
25	67,413	30	17	50	00	3,0	6	1,5	
26	75,537	30	35	29	00	1,5	4	1	
27	52,083	30	26	36	30	2,5	5	1,5	
28	65,159	30	40	25	00	3,0	6	1	
29	71,328	30	18	56	30	1,5	5	1,5	
30	68,591	30	21	07	00	2,0	5	1	
31	45,156	30	19	43	30	3,5	7	1,5	

E – модуль Юнга, кгс/см^2	2000000
F – площадь поперечного сечения, см^2	0,26
q – вес 1 м рулетки, кг/м	0,03
p – натяжение рулетки, кг	10
$\pm m_p$ – СКП натяжения рулетки, кг	1

2. Вычислить предварительное значение СКП измерения длины линии (m_D, мм) исходя из технических характеристик прибора, если проектная длина стороны в полигонометрическом ходе составляет 150 **м, а измерения планируется выполнять с помощью электронного тахеометра. Исходные данные приведены в табл. 2.2.**

3. Установить класс точности измеренной длины.

Таблица 2.2

Исходные данные

№ варианта	Марка	Страна, фирма	Точность измерения (гор/верт), ″	Дальность действия	Точность измерения расстояния, мм
1	**Та3**	**Россия**	**4/6**	**5...5000**	**($10÷5×10^{-6}D$)**
2	**3Та5С**	**Россия**	**5**	**до 2000**	**($5÷3×10^{-6}D$)**
3	**SET500**	**Sokkia**	**5**	4000	**($3÷2×10^{-6}D$)**
4	**Elta C20 Move**	**ФРГ**	**2**	**до 2500**	**($2÷2×10^{-6}D$)**
5	**Elta C20 Sprim**	**ФРГ**	**2**	**до 2500**	**($2÷2×10^{-6}D$)**
6	**Elta S10 Move**	**ФРГ**	**1**	**до 2500**	**($1÷2×10^{-6}D$)**
7	**Elta R45**	**ФРГ**	**3**	**до 1300**	**($3÷3×10^{-6}D$)**

8	**Elta R50**	**ФРГ**	**3**	**до 1300**	**(3÷3×10^{-6}D)**
9	**Elta R55**	**ФРГ**	**3**	**до 1300**	**(5÷3×10^{-6}D)**
10	Geodimetr 600	**Швеция**	**5**/10	**до 5000**	**(5÷10^{-6}D)**
11	**R-300N**	**PENTAX**	**2/6**	**до 4500**	**(3÷2×10^{-6}D)**
12	**NTS 320**	**SOUTH**	**2**	**до 2600**	**(2÷2×10^{-6}D)**
13	**NTS 350**	**SOUTH**	**5**	**до 2600**	**(3÷2×10^{-6}D)**
14	**DTM 352**	**Nikon**	**5**	**2300**	**(3÷2×10^{-6}D)**
15	**DTM 332**	**Nikon**	**5**	**2300**	**(3÷2×10^{-6}D)**
16	**Та3**	**Россия**	**4/6**	**5...5000**	**(10÷5×10^{-6}D)**
17	**3Та5С**	**Россия**	**5**	**до 2000**	**(5÷3×10^{-6}D)**
					Продолжение таблицы 2.2
18	**SET500**	**Sokkia**	5	**4000**	**(3÷2×10^{-6}D)**
19	**Elta C20 Move**	**ФРГ**	**2**	**до 2500**	**(2÷2×10^{-6}D)**
20	**Elta C20 Sprim**	**ФРГ**	**2**	**до 2500**	**(2÷2×10^{-6}D)**
21	**Elta S10 Move**	**ФРГ**	**1**	**до 2500**	**(1÷2×10^{-6}D)**
22	**Elta R45**	**ФРГ**	**3**	**до 1300**	**(3÷3×10^{-6}D)**
23	**Elta R50**	**ФРГ**	**3**	**до 1300**	**(3÷3×10^{-6}D)**
24	**Elta R 55**	**ФРГ**	**3**	**до 1300**	**(5÷3×10^{-6}D)**
25	**Geodimetr 600**	**Швеция**	**5**/10	**до 5000**	**(5÷10^{-6}D)**
26	**R-300N**	**PENTAX**	**2/6**	**до 4500**	**(3÷2×10^{-6}D)**
27	**NTS 320**	**SOUTH**	**2**	до **2600**	**(2÷2×10^{-6}D)**
28	**NTS 350**	**SOUTH**	**5**	до 2000	**(3÷2×10^{-6}D)**
29	**DTM 352**	**Nikon**	**5**	**2300**	**(3÷2×10^{-6}D)**
30	**DTM 332**	**Nikon**	**5**	**2500**	**(3÷2×10^{-6}D)**
31	**Та 3**	**Россия**	**4/6**	**5...5000**	**(10÷5×10^{-6}D)**

2.3 Теоретическое введение

1. Общая СКП измерения длины линии при непосредственном ее измерении стальной рулеткой определяется по формуле:

$$m_l = \pm\sqrt{m_k^2 + m_{lp}'^2 + m_{lt}^2 + m_l'^2 + m_{lo}^2 + m_{l\delta}^2} \qquad (2.1)$$

Составляющие общей ожидаемой погрешности определяются по формулам (2.2-2.7).

Погрешность от неточного компарирования рулетки:

$$\boldsymbol{m_K = \pm m_K' n} \qquad (2.2)$$

где m_K' - средняя квадратическая погрешность компарирования рулетки. Стальные рулетки компарируют с относительной погрешностью не более 1:15000;

n - число откладываний $n = \frac{l}{l'}$.

Погрешность измерения одного пролета за счет неточного натяжения рулетки:

$$m_{l'p} = \pm\left(\frac{l'}{EF} + \frac{q^2 l'^3}{12p^3}\right) m_p; \qquad (2.3)$$

где **E** - модуль Юнга (E=2*10^6 кгс/см^2);

F - площадь поперечного сечения полотна рулетки, ***S*** = 0,26 см^2;

m_p - погрешность определения натяжения рулетки, $\boldsymbol{m_p}$***=1 кг;***

q - вес 1 погонного метра рулетки, ***q***=0,03 кг/м;

p - натяжение рулетки, ***p***=10 кг.

Погрешность от неточного учета температуры:

$$m_{lt} = l\alpha m_t, \qquad (2.4)$$

где α - коэффициент линейного расширения полотна рулетки (для стали α = 0,0000115);

$\boldsymbol{m_t}$ - погрешность измерения температуры.

Погрешность от неточного провешивания линии:

$$m_{l'} = \frac{2m^2}{l} \quad (2.5)$$

где m – величина линейного смещения.

Погрешность отсчета по рулетке:

$$m_{lo} = \frac{m_o}{\sqrt{l'}}\sqrt{l}. \quad (2.6)$$

Погрешность от неточного определения угла наклонов линии:

$$m_{l\delta} = l \sin\delta \frac{m_\delta}{p}, \quad (2.7)$$

где δ – угол наклона линии;
m_δ – погрешность измерения угла наклона (см. Практическая работа №1).

Общая СКП измерения длины линии при измерении в прямом и обратном направлениях определяется по формуле:

$$m_l = \pm\frac{m_l}{\sqrt{2}}. \quad (2.8)$$

2. Согласно нормативно-техническим требованиям при измерении длины линии с помощью электронного тахеометра допускаемое значение СКП измерения расстояния ($\boldsymbol{m_D}$, мм) одним приемом определяют по формуле (2.9):

$$m_D = a + b * 10^{-6} * D, \quad (2.9)$$

где a – параметр, характеризующий составляющие СКП измерения, не зависящие от расстояния, мм;
b – параметр, характеризующий составляющие СКП измерения, зависящие от расстояния;
D – измеряемое расстояние, мм.

3. Чтобы установить, к какому классу точности относится измеренная длина, необходимо вычислить относительную погрешность $\frac{m_l}{l}$ и сопоставить значение с требованиями Технической инструкции. Согласно нормативно-техническим требованиям значение относительной погрешности измерения длины линии в подземных маркшейдерских сетях не должно превышать: в опорных сетях 1:3000; в съемочных сетях 1:1000.

Практическая работа №3

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СЛУЧАЙНОГО И СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ПРИ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

3.1 Цель работы

Вычислить значения коэффициентов случайною и систематического влияния и на их основе выполнить оценку точности результатов измерений длин линий.

3.2 Задание и исходные данные

1. Вычислить значения коэффициентов случайного $\boldsymbol{a}$ и систематического b влияния.
2. Вычислить СКП измеренной линии с учетом коэффициентов случайного $\boldsymbol{a}$ и систематического b влияния.

3. Установить, к какому классу маркшейдерских сетей по точности линейных измерений может быть отнесена анализируемая длина линии. Исходные данные приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные

№ варианта	**№**	***l*пр.**	***l*обр.**	**№ варианта**	**№**	***l*пр.**	***l*обр.**
1	1	29,855	29,861	15	1	71,328	71,348
	2	49,607	49,597		2	33,12	33,111
	3	82,763	82,780		3	92,178	92,204
	4	11,158	11,156		4	83,038	83,014
	5	93,171	93,190		5	24,401	24,408
	6	25,055	25,050		6	68,591	68,571
	7	35,564	32,571		7	24,345	24,352
	8	70,855	70,841	16	1	19,387	19,393
2	1	21,384	21,380		2	58,596	58,579
	2	45,564	45,573		3	97,408	97,436
	3	74,913	74,898		4	74,035	74,014
	4	97,668	97,688		5	45,156	45,169
	5	19,055	19,051		6	21,536	21,530
	6	58,01	58,022		7	34,323	34,333
	7	86,151	86,134	17	1	73,553	73,574
	8	65,158	65,171		2	91,913	91,887
3	1	23,24	23,250		3	13,668	13,672
	2	254,521	54,510		4	69,010	68,990
	3	95,477	95,496		5	22,055	22,061
	4	16,259	16,256		6	27,151	27,143
	5	69,658	69,672	18	с	32,144	32,135
	6	39,376	39,368		2	25,067	25,074
	7	50,409	50,419		3	93,018	92,991
	8	77,429	77,414		4	11,666	11,669
4	1	22,300	22,296		5	82,908	82,884
	2	69,891	69,905		6	49,176	49,190
	3	13,766	13,763	19	1	35,520	35,530
	4	91,542	91,560		2	73,177	73,156
	5	23,065	23,060		3	84,039	84,063
	6	85,988	86,005		4	23,403	23,396
	7	22,27	22,266		5	12,592	12,596
	8	34,038	34,045		6	51,387	51,372
5	1	32,123	32,129	20	1	67,413	67,394
	2	46,857	46,848		2	87,21	87,276
	3	36,599	36,606		3	75,537	75,515
	4	96,748	96,729		4	98,445	98,473
	5	17,158	17,161		5	18,686	18,681
	6	68,763	68,749		6	52,173	52,188
	7	76,607	76,622		7	27,400	27,392
6	1	31,375	31,381		8	65,159	65,178
	2	55,594	55,583		9	86,152	86,127
	3	34,406	34,413	21	1	25,300	25,308
	4	94,033	94,014		2	34,891	34,880
	5	30,154	30,160		3	99,766	99,797

	6	79,548	79,532		4	36,542	36,531
	7	36,323	36,330		5	51,065	51,081
7	1	24,855	24,860	22	1	71,148	71,126
	2	68,599	68,585		2	33,747	33,758
	3	24,748	24,753		3	92,639	92,610
	4	83,173	83,156		4	83,355	83,381
	5	92,763	92,782		5	24,922	24,914
	6	33,607	33,600	23	1	28,173	28,164
	7	71,855	71,869		2	66,142	66,163
8	1	76,860	76,875		3	14,065	14,061
	2	68,610	68,596		4	81,016	81,041
	3	17,766	17,770		5	28,664	28,655
	4	96,158	96,39	24	1	85,302	85,275
	5	38,751	38,759		2	73,893	73,916
	6	46,600	46,591		3	91,768	91,739
	7	32,857	32,864		4	13,544	13,548
	8	51,128	51,11		5	69,067	69,045
9	1	30,489	30,483	25	1	72,142	72,119
	2	51,428	51,438		2	84,743	84,769
	3	12,243	12,241		3	24,640	24,632
	4	23,536	23,541		4	12,355	12,359
	5	84,457	84,440		5	51,917	51,901
	6	72,682	72,697	26	1	30,184	30,193
10	1	27,399	27,404		2	26,465	26,457
	2	52,162	52,152		3	95477	95,450
	3	18,675	18,679		4	16,259	16,264
	4	98,444	98,424		5	69,658	69,638
	5	75,536	75,551	27	1	39,389	39,400
	6	87,23	87,213		2	77,430	77,408
11	1	25,463	25,458		3	50,402	50,416
	2	48,187	48,197		4	69,671	69,651
	3	89,921	89,903		5	16,258	16,263
	4	37,358	37,365		6	95,478	95,41
	5	80,638	80,622	28	1	75,537	75,559
	6	29,746	29,752		2	98,445	98,417
12	1	30,489	30,495		3	18,686	18,691
	2	51,428	51,418		4	52,173	52,158
	3	12,233	12,235		5	27,400	27,408
	4	23,646	23,641		6	65,159	65,140
	5	84,457	84474		7	86,152	86,177
	6	72,672	72,657	29	1	21,384	21,390
13	1	39,389	39,400		2	45,564	45,551
	2	77,430	77,408		3	74,913	74,934
	3	50,402	50,416		4	97,668	97,640
	4	69,671	69,651		5	19,055	19,060
	5	16,258	16,263		6	58,010	57,993
	6	95,478	95,451		7	86,151	86,176
	7	54,532	54,548		8	65,158	65,139
14	1	72,142	72,163	30	1	27,399	27,391
	2	84,743	84,719		2	52,162	52,177
	3	24,640	24,647		3	18,675	1,670
	4	12,355	12,351		4	98,444	98,416

	5	51,917	51,932		5	75,536	75,558
	6	30,184	30,175		6	87,230	87,205
	7	26,465	26,473				

3.3 Теоретическое введение

1. Оценка точности линейных измерений производится по разностям двойных измерений.

По линиям, измеренным в прямом и обратном направлениях, определяют их разности:

$$d_i = l_i^{'} - l_i^{''} \qquad (3.1)$$

Коэффициент систематического влияния вычисляют по формуле:

$$b = \frac{[d_i]}{[l_i]} \qquad (3.2)$$

Из каждой разности исключают систематическую составляющую:

$$d_i^{'} = d_i - bl_i \qquad (3.3)$$

Коэффициент случайного влияния определяют по формуле:

$$a = \pm\sqrt{\frac{[\frac{d_i^{'2}}{l_i}]}{2(n-1)}} \qquad (3.4)$$

где *n* – число разностей.

2. СКП измеренной заданной линии (в табл. 3.1 линия подчеркнута) вычисляют по формуле:

$$m_l = \pm\sqrt{a^2 l + b^2 l^2} \qquad (3.5)$$

Для определения класса точности маркшейдерских сетей необходимо вычислить относительную погрешность длины m_l/l и сравнить с допустимыми значениями согласно требованиям Технической инструкции.

3.4 Краткие методически е указания к выполнению практической работы

При традиционном решении задачи вычисления следует производить в формуляре следующего вида:

№ линии	$l_i^{'}$	$l_i^{''}$	d_i	b	bl_i	$d_i^{'}$	$d_i^{'2}$	$\frac{d_i^{'2}}{l_i}$	a

Практическая работа №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ КООРДИНАТ ПОСЛЕДНЕГО ПУНКТА И ДИРЕКЦИОННОГО УГЛА ПОСЛЕДНЕЙ СТОРОНЫ СВОБОДНОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

4.1 Цель работы

Выполнить оценку точности свободного теодолитного хода, проложенного в подземных горных выработках путем вычисления погрешностей плановых координат и высотной отметки последнего пункта, а также погрешности дирекционного угла последней стороны.

4.2 Задание и исходные данные

По горизонтальным горным выработкам проложен теодолитный ход. Угловые и линейные измерения выполнены с точностью, соответствующей требованиям Технической инструкции к маркшейдерским опорным сетям (погрешность измерения углов m_β =20; коэффициенты влияния случайных и систематических погрешностей при измерении длин линий ***a***=0,0005 м$^{1/2}$, ***b***=0,00005).

Требуется определить:

- погрешность координат и погрешность положения последнего пункта ***К*** свободного теодолитного хода;
- погрешность дирекционного угла последней стороны свободного теодолитного хода;
- погрешность определения высотной отметки последнего пункта ***К;***
- погрешность координат последнего пункта ***К*** свободного теодолитного хода по заданному направлению.

4.3 Теоретическое введение

1. **Погрешность** координат последнего пункта ***К*** по осям ***x*** и ***y*** при равноточно измеренных углах определяют по формулам:

$$M_X^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n R_{iy}^2 + a^2\sum_1^n s_i cos^2\alpha_i + b^2 L_{Kx}^2 \qquad (4.1)$$

$$M_Y^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n R_{ix}^2 + a^2\sum_1^n s_i sin^2\alpha_i + b^2 L_{Ky}^2 \qquad (4.2)$$

где R_{ix}, R_{iy} - проекции кратчайших расстояний от конечного пункта ***К*** до *i*-х пунктов хода на оси координат *x* и ***y;***

α_i - дирекционные углы ***i***-*x* сторон хода;

s_i - длины сторон хода (горизонтальные проложения);

L_{Kx}, L_{Ky} - проекции линии, соединяющей первый и конечный ***(К)*** пункты теодолитного хода, на оси координат *x* и ***y***.

Значения угловых и линейных величин определяют графически, т.е. непосредственно на плане горных выработок (рис. 4.1) с учетом его масштаба. Величины R_{ix}, R_{iy} на плане обозначают красным цветом.

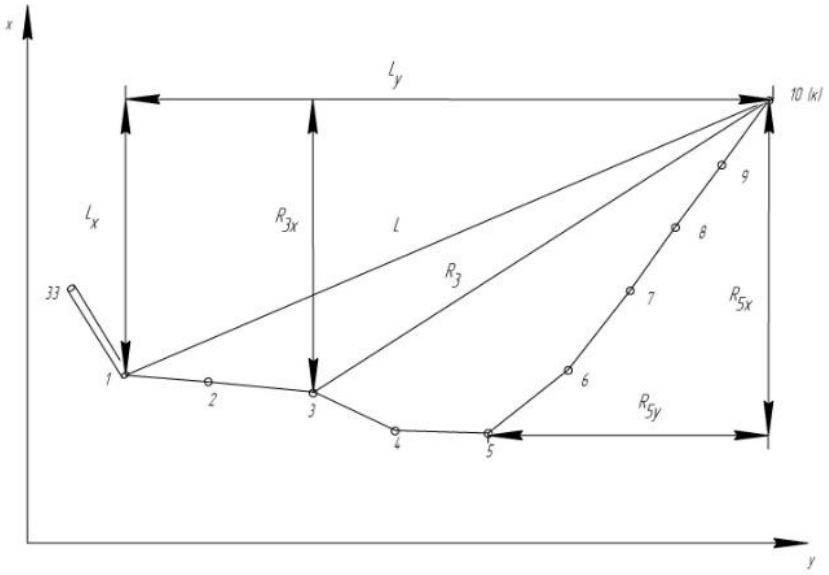


Рис. 4.1. Схема к предрасчету **точности конечного пункта свободного теодолитного хода**

2. Общую погрешность положения конечного пункта ***К*** в плане вычисляют по формуле:

$$M_K^2 = M_x^2 + M_y^2 \qquad (4.3)$$

С учетом того, что ходы по выработкам прокладываются дважды, среднюю погрешность вычисляют по формуле:

$$M_{Kcp} = \frac{M_K}{\sqrt{2}} \qquad (4.4)$$

3. Относительную погрешность положения конечного пункта ***К*** вычисляют по формуле:

$$M_{Kотн} = \frac{M_{Kcp}}{P} \qquad (4.5)$$

где Р – периметр хода.

4. Ожидаемую предельную погрешность положения конечного пункта *К* в плане вычисляют по формуле:

$$M_{Kож} = 3M_{Kcp} \qquad (4.6)$$

5. Погрешность дирекционного угла последней стороны теодолитного хода относительно исходной стороны, т.е. первой начальной стороны, полученной в результате ориентирования, при равноточно измеренных углах определяют по формуле:

$$M_{\alpha n} = m_\beta \sqrt{n} \qquad (4.7)$$

где *n* – число углов теодолитного хода, участвовавших в вычислении дирекционного угла последней стороны хода.

С учетом погрешности дирекционного угла исходной стороны хода $m_{\alpha 0}$ при неравноточно и равноточно измеренных углах погрешность дирекционного угла последней стороны теодолитного хода определяют соответственно по формулам:

$$M_{\alpha 0} = \pm\sqrt{m_{\alpha 0}^2 + \sum_{i=1}^{i=n} m_\beta^2} \qquad (4.8)$$

$$M_{\alpha n} = \pm\sqrt{m_{\alpha 0}^2 + n m_\beta^2} \qquad (4.9)$$

6. Предрасчет погрешности положения конечного пункта ***К*** относительно исходного пункта 1 по высоте на основе результатов геометрического нивелирования по горным выработкам выполняют следующим образом.

Как известно, средняя погрешность положения конечного пункта ***К*** состоит из погрешностей измерения глубины шахтного ствола m_{hcm} и погрешностей нивелирования на поверхности m_{hn}и в шахте $m_{hш}$:

$$M_Z = \sqrt{m_{hcm}^2 + m_{hn}^2 + m_{hш}^2} \qquad (4.10)$$

В данном задании погрешность нивелирования на поверхности не учитывается. Следовательно, общая средняя погрешность положения конечного пункта ***К*** по высоте:

$$M_Z = \sqrt{m_{hcm}^2 + m_{hш}^2} \qquad (4.11)$$

где m_{hcm} - погрешность передачи высотной отметки через шахтный ствол;

$m_{hш}$ - погрешность геометрического нивелирования в шахте.

Погрешность передачи высотной отметки через шахтный ствол при двукратном измерении определяют по формуле:

$$m_{hcm} = \frac{\Delta h}{3\sqrt{2}} \qquad (4.12)$$

где Δh=0,0003Н, м - допустимое расхождение между двумя независимыми передачами высот;

Н - глубина шахтного ствола, м.

Среднюю погрешность геометрического нивелирования при двукратном выполнении работ определяют по формуле:

$$m_{hш} = \frac{\Delta h_ш}{3\sqrt{2}} \qquad (4.13)$$

где $\Delta h_ш$ - допустимые невязки нивелирных ходов в шахте.

Технической инструкцией установлено, что при геометрическом нивелировании в шахте допустимая невязка хода не должна превышать $50\sqrt{L}$, мм, где ***L*** - длина хода, км.

Ожидаемая предельная погрешность положения конечного пункта ***К*** по высоте:

$$M_{Zожс} = 3M_Z \qquad (4.14)$$

7. Погрешность конечного пункта ***К*** по заданному направлению (перпендикулярному оси выработки ***x′)*** при равноточно измеренных углах вычисляют по формуле:

$$M_{x'}^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n R_{iy'}^2 + a^2\sum_1^n s_i cos^2\alpha_i^{'} + b^2 L_{x'}^2 \qquad (4.15)$$

где R_{iy} - проекции кротчайших расстояний от конечного пункта ***К*** до *i*-х точек хода на ось координат ***y′;***

$L_{x'}$ - проекция замыкающей хода на заданное направление;

$\alpha_i^{'}$ - условные дирекционные углы *i*-х сторон хода.

Условная система координат ***x′y′*** строится таким образом, чтобы центр системы координат ***x′y′*** располагался в конечном пункте теодолитного хода ***К*,** а ось ***x′*** была совмещена с заданным направлением, в данном случае - направлением, перпендикулярным оси выработки.

4.4 Краткие методические указания к выполнению практической работы

При традиционном решении задачи на плане горных выработок М 1:1000 выполнить проектирование теодолитного хода ***(1…К).*** Расстояния между пунктами в горизонтальных горных выработках рекомендуется принять от 60 до 100 м.

Значения $\sum R_{ix}^2$, $\sum R_{iy}^2$, $\sum s_i cos^2\alpha_i$, $\sum s_i sin^2\alpha_i$ вычислить в формуляре следующего вида:

R_{ix}	R_{ix}	R_{iy}	R_{iy}^2	s_i	α_i	$cos^2\alpha_i$	$sin^2\alpha_i$	$s_i cos^2\alpha_i$	$s_i sin^2\alpha_i$
	Σ		Σ					Σ	Σ

Значения $\sum R_{iy'}^2$, $\sum$ □□□□□□□□□□ вычислить в формуляре следующего вида:

□□□′	□□□′	□□	□□′	□□□□□□′	□□□□□□′	□□□□□□□□□□′

Практическая работа № 5

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

5.1 Цель работы

Выполнить оценку точности висячего хода тригонометрического нивелирования, пройденного в прямом и обратном направлениях в подземных горных выработках, путем вычисления погрешности высоты последнею пункта.

5.2 Задание и исходные данные

По наклонной горной выработке проложен ход тригонометрического нивелирования в прямом и обратном направлениях. Погрешности измерения высоты инструмента □□ и сигналов □□ составили: □□ = □□ = ±*2 мм.*

Коэффициенты систематического (*b*) и случайного ***(а)*** влияния при измерении длин составляют соответственно 0,0001 и 0,0015 м$^{1/2}$. Вертикальные углы измерялись одним полным приемом.

Вычислить погрешность определения высотной отметки последнего пункта хода и сравнить результат с нормативно-техническим допустимым значением согласно требованиям Технической инструкции.

5.3 Теоретическое введение

В соответствии с требованиями Технической инструкции техническое нивелирование выполняют по выработкам с углом наклона до 5°. Тригонометрическое нивелирование выполняют по наклонным выработкам с одновременным проложением теодолитных ходов.

Погрешность высотной отметки последнего пункта тригонометрического хода вычисляют по формуле:

$$\square_{\square}^{2} = \frac{\square_{\square}^{2}}{\square^{2}} \sum_{1}^{\square} \square_{\square}^{2} \square\square\square^{2} \square_{\square} + \square\square_{\square}^{2} + \square\square_{\square}^{2} + \square^{2} \sum_{1}^{\square} \square_{\square} \square\square\square^{2} \square + \square^{2} (\sum_{1}^{\square} \square_{\square} \square\square\square\square_{\square})^{2} \quad (5.1)$$

где *n* - количество пунктов хода, на которых проводились соответствующие измерения;

$\square_{\square}$ - наклонная длина стороны хода;

$\square_{\square}$ - угол наклона стороны;

$\square_{\square}$ - погрешность измерения вертикального угла (см. Практическая работа 1).

При нивелировании в прямом и обратном направлениях погрешность определения высотной отметки:

$$\square_{\square}' = \frac{\square_{\square}}{\sqrt{2}} \quad (5.2)$$

5.4 Краткие методические указания к выполнению лабораторной работы

При традиционном решении задачи на плане горных выработок М 1:1000 выполнить проектирование теодолитного хода (1***…К)*** по уклону с падением $\square$=40°. Горизонтальные расстояния между пунктами рекомендуется принять в пределах 50...70 м.

Вычисления производить в формуляре следующего вида:

№ сторон	$\square_{\square}$	$\square_{\square}$	$\square\square\square\square_{\square}$	$\square_{\square}\square\square\square\square_{\square}$	$\square_{i}\square\square\square^{2}\square_{\square}$	$\square\square\square\square_{\square}$	$\square_{\square}\square\square\square\square_{\square}$	$\square_{\square}^{2}\square\square\square^{2}\square_{\square}$
				Σ	Σ			Σ