

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Маркшейдерского дела и геодезии»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 20 мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЙ»

Специальность: 21.05.04 Горное дело

Маркшейдерское дело

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Загибалов Александр Валентинович
Дата подписания: 22.05.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Загибалов Александр Валентинович
Дата подписания: 22.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Математическая обработка и анализ измерений» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-10 Способность составлять проекты маркшейдерских и геодезических работ	ПКС-10.1, ПКС-10.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-10.1	Владеет приемами оценки точности основных видов маркшейдерско-геодезических работ	Знать методы оценки соответствия проектных решений при производстве маркшейдерских работ требованиям правил и инструкций Уметь применять результаты анализа точности при выборе методики выполнения основных маркшейдерских работ Владеть навыками анализа точности проектируемых маркшейдерских работ и выбора соответствующей методики и инструментального сопровождения
ПКС-10.5	Способен выполнять уравнивание маркшейдерско-геодезических построений и делать оценку их точности	Знать методы оценки соответствия проектных решений при производстве маркшейдерских работ требованиям правил и инструкций Уметь применять результаты анализа точности при выборе методики выполнения основных маркшейдерских работ Владеть навыками анализа точности проектируемых маркшейдерских работ и выбора соответствующей методики и инструментального сопровождения

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Математическая обработка и анализ измерений» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы инженерной геодезии», «Маркшейдерия (общий курс)», «Маркшейдерские работы при разработке месторождений»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Математические методы в маркшейдерии», «Современные маркшейдерско-геодезические приборы и технологии», «Высшая геодезия»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 7 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 6	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144
Аудиторные занятия, в том числе:	112	64	48
лекции	48	32	16
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	64	32	32
Контактная работа, в том числе	0	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	104	44	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен		Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Погрешности измерений горизонтальных и вертикальных углов и линий	1	6			1	4	1, 2, 2, 3, 4	44	Отчет
2	Накопление погрешности в полигонометриче	2	10			2, 3, 4, 5	12			Отчет

	ских и нивелированных ходах.									
3	Предрасчет сбоек	3	4			6, 7	8			Отчет
4	Анализ соединительных съежек, предрасчет погрешности ориентирно-соединительных съежек	4	6			8	4			Отчет
5	Предрасчет погрешностей пунктов, определяемых прямыми, обратными засечками и полными вставками	5	6			9	4			Отчет
	Промежуточная аттестация									
	Всего		32				32		44	

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Применение теории ошибок	1	4			1	4			Отчет
2	Оценка средних значений случайных величин и их измерений	2	2							Отчет
3	Назначение и сущность уравнильных вычислений. Понятие о параметрическом и коррелятном способах уравнивания	3	2			3, 4	8			Отчет
4	Теория коррелятного уравнивания. Уравнивание геодезических фигур	4	4			2	4	1, 4	34	Отчет
5	Двухгрупповое уравнивание с преобразованием условных уравнений по методу Крюгера	5	2			5	6	3	18	Отчет
6	Уравнивание	6	2			6, 7	10	2	8	Отчет

	систем полигонометрических ходов различными способами									
	Промежуточная аттестация							36	Экзамен	
	Всего		16				32	96		

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Погрешности измерений горизонтальных и вертикальных углов и линий	Погрешности измерений горизонтального угла. Ошибки визирования и отсчитывания. Инструментальная погрешность для способов приемов и повторений. Ошибки угла за счет неправильного центрирования сигналов и теодолита. Определение фактических погрешностей угловых измерений по результатам двойных измерений и при помощи специальных исследований. Погрешности измерения вертикальных углов. Погрешности линейных измерений. Необходимая точность компарирования, измерение температуры, фиксирование натяжения, определение стрелы провеса, измерения угла наклона, провешивание при измерении длин сторон в подземных полигонометрических ходах. Коэффициент случайного и систематического влияния. Погрешности измерения длин сторон светодальномерами.
2	Накопление погрешности в полигонометрических и нивелированных ходах.	Накопление погрешности в свободных полигонометрических ходах за счет измерения горизонтальных углов, длин сторон и дирекционного угла начальной стороны. Предельные ошибки. Сравнение ошибок с допусками инструкции. Предрасчет погрешностей любой точки хода уравненного в углах и координатах. Накопление погрешностей в ходах, уравненных в углах. Накопление погрешностей в буссольных (гиротеодолитных) ходах. Накопление погрешностей в нивелирных ходах. Инструментальная погрешность геометрического нивелирования. Предрасчет погрешностей в проектных ходах геометрического нивелирования. Предрасчет погрешностей в ходах тригонометрического нивелирования.
3	Предрасчет сбоек	Маркшейдерские работы при проведении выработок встречными забоями. Предрасчет ожидаемых погрешностей сбоек горизонтальных выработок в пределах одной шахты. Предрасчет

		ожидаемых погрешностей сбоек горизонтальных выработок из разных шахт. Сбойки вертикальных выработок вынос проектных направлений
4	Анализ соединительных съемок, предрасчет погрешности ориентирно-соединительных съемок	Ориентирование через один вертикальный ствол. Погрешность проектирования. Погрешность примыкания соединительными треугольниками при решении их по теоремам синусов и тангенсов. Оценка контролей при примыкании соединительными треугольниками суммой углов и вычислением длин створа отвесов. Погрешность измерения примычных углов теодолитом. Общая погрешность ориентирования. Оценка примыкания соединительным четырехугольником. Выбор формы четырехугольника. Другие способы ориентирования. Ориентирование через два вертикальных ствола. Погрешность примыкания на поверхности. Погрешность определения дирекционного угла любой стороны подземного хода за счет ошибок угловых и линейных измерений в шахте.
5	Предрасчет погрешностей пунктов, определяемых прямыми, обратными засечками и полными вставками	Определение элементов эллипсов погрешностей для пунктов, определяемых прямыми, обратными засечками и полными вставками (графическим и графоаналитическим методами).

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Применение теории ошибок	Предмет, содержание и задачи дисциплины. Измерения и их значение в маркшейдерских, геодезических и фотограмметрических работах. Виды измерений. Погрешности измерений. Уравнительные вычисления и их значение при обработке результатов измерений. Классификация измерений. Условия измерений. Роль избыточных измерений. Применение теории ошибок. Погрешности измерений и их виды. Способы обнаружения грубых промахов и исключения систематических ошибок. Случайные погрешности, закон их распределения. Свойства случайных погрешностей. Меры точности результатов измерений: средняя квадратическая погрешность, средняя арифметическая погрешность
2	Оценка средних значений случайных величин и их измерений	Оценка средних значений случайных величин и их измерений. Обоснование принципа наименьших квадратов. Понятие о весах измерений. Погрешность единицы веса. Нахождение наиболее надежного значения величины их ряда ее многократных равноточных измерений.

		Нахождение наиболее надежного значения величины их ряда ее многократных неравноточных измерений. Свойство отклонений отдельных значений от их середины. Средняя квадратическая ошибка функции независимо измеренных величин. Уравнивание систем нивелирных ходов способом эквивалентной замены. Двойные измерения
3	Назначение и сущность уравнивательных вычислений. Понятие о параметрическом и коррелятном способах уравнивания	Назначение и сущность уравнивательных вычислений. Строгие и нестрогие способы уравнивания. Понятие о параметрическом и коррелятном способах уравнивания. Применение принципа наименьших квадратов. Переход к нормальным уравнениям. Решение нормальных уравнений методом последовательного исключения неизвестных (по схеме Гаусса). Эквивалентные преобразования параметрических уравнений поправок.
4	Теория коррелятного уравнивания. Уравнивание геодезических фигур	Понятие об условных уравнениях. Условные уравнения, возникающие в триангуляционных сетях. Теория коррелятного уравнивания. Линеаризация условных уравнений. Привлечение принципа наименьших квадратов. Коррелятные уравнения поправок, переход от них к нормальным уравнениям. Уравнивание геодезических фигур при равноточных измерениях. Уравнивание геодезических фигур при неравноточных измерениях. Составление нормальных уравнений коррелят по чертежу сети полигонов
5	Двухгрупповое уравнивание с преобразованием условных уравнений по методу Крюгера	Двухгрупповое уравнивание с преобразованием условных уравнений по методу Крюгера
6	Уравнивание систем полигонометрических ходов различными способами	Строгий способ уравнивания свободного полигонометрического хода. Уравнивание систем полигонометрических ходов способом полигонов В.В.Попова. Уравнивание систем полигонометрических ходов способом узлов В.В.Попова. Уравнивание систем полигонометрических ходов способом последовательных приближений

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических
---	---	----------------------

		часов
1	Определение фактических погрешностей измерения горизонтальных углов по результатам специальных исследований	4
2	Предрасчет погрешностей положения последней точки свободного полигонометрического хода	4
3	Предрасчет погрешностей положения последней точки полигонометрического хода, уравненного в углах	2
4	Предрасчет погрешностей положения последней точки полигонометрического хода, уравненного в углах и координатах	4
5	Построение эллипса погрешностей последней точки свободного полигонометрического хода	2
6	Предрасчет погрешностей сбоек горизонтальных выработок, проводимых в пределах одной шахты	4
7	Предрасчет погрешностей сбоек горизонтальных выработок, проводимых из разных шахт	4
8	Предрасчет погрешностей ориентирования через два вертикальных ствола.	4
9	Оценка точности пунктов, вставляемых в триангуляцию прямой, обратной засечкой и полной вставкой	4

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Уравнивание системы нивелирных ходов способом эквивалентной замены	4
2	Уравнивание вставки в жесткий угол способом условий	4
3	Уравнивание системы нивелирных ходов способом условных измерений	4
4	Уравнивание сети нивелирных ходов по способу косвенных (посредственных) измерений	4
5	Уравнивание геодезического четырехугольника двугрупповым способом	6
6	Уравнивание системы полигонометрических ходов способом полигонов В.В.Попова	4
7	Уравнивание систем полигонометрических ходов способом узлов В.В.Попова	6

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и	8

	практическим работам	
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	18
3	Проработка разделов теоретического материала	4
4	Расчетно-графические и аналогичные работы	14

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	16
2	Подготовка к сдаче и защите отчетов	8
3	Проработка разделов теоретического материала	18
4	Расчетно-графические и аналогичные работы	18

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Работа в малых группах

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Загибалов А. В. Математический анализ точности маркшейдерских работ : учебное пособие для вузов по направлению подготовки (специальности) "Горное дело" (специализация "Маркшейдерское дело") / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2015. - 144 с. - Цена 186.00

Загибалов А. В. Основы математической обработки результатов измерений: учеб. пособие для вузов по специальности 090100 "Маркшейд. дело" / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2001. - 119 с. - Цена 500

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Загибалов А. В. Математический анализ точности маркшейдерских работ : учебное пособие для вузов по направлению подготовки (специальности) "Горное дело" (специализация "Маркшейдерское дело") / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2015. - 144 с. - Цена 186.00

Загибалов А. В. Основы математической обработки результатов измерений: учеб. пособие для вузов по специальности 090100 "Маркшейд. дело" / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2001. - 119 с. - Цена 500

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 6 | Отчет

Описание процедуры.

Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам. Заключается в изучении действующих стандартов ИРНИТУ и инструкций по составлению и оформлению графики,

в составлении схем, рисунков, таблиц и т.д. Защита отчета проводится в виде собеседования по основным положениям работы и ответами на вопросы.

Критерии оценивания.

Свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы

6.1.2 семестр 7 | Отчет

Описание процедуры.

Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам. Заключается в изучении действующих стандартов ИРНИТУ и инструкций по составлению и оформлению графики, в составлении схем, рисунков, таблиц и т.д. Защита отчета проводится в виде собеседования по основным положениям работы и ответами на вопросы.

Критерии оценивания.

Свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-10.1	Свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы	Нет
ПКС-10.5	Свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы	Экзамен

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в конце семестра в письменном виде по билетам.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Обучающийся, обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную образовательную программу дисциплины и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.</p>	<p>Обучающийся, обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.</p>	<p>Обучающийся, обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справившийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Обучающийся допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.</p>	<p>Обучающийся обнаружил пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Обучающийся не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза.</p>

7 Основная учебная литература

1. Маркшейдерское дело : учеб. для спец. "Маркшейдерское дело" / Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов, 1981. - 704.

2. Маркшейдерское дело : учеб. для вузов по спец. "Маркшейд. дело. " В 2ч. Ч. 2. / Антонин Николаевич Белоликов, Иван Николаевич Ушаков, В.Н. Земисев, Г.А. Кротов, 1989. - 436.
3. Загибалов А. В. Маркшейдерия. Математический анализ точности маркшейдерских работ : учебное пособие для вузов по специальности 130402 "Маркшейдерское дело" / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2005. - 183.
4. Загибалов А. В. Математический анализ точности маркшейдерских работ : учебное пособие / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2014. - 133.
5. Загибалов А. В. Математическая обработка результатов измерений : учебное пособие / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2014. - 95.
6. Загибалов А. В. Математический анализ точности маркшейдерских работ : учебное пособие для вузов по направлению подготовки (специальности) "Горное дело" (специализация "Маркшейдерское дело") / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2015. - 144.
7. Дондов Д. Маркшейдерия. Математический анализ точности маркшейдерских работ / Д. Дондов, А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2009. - 200.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Загибалов А. В. Основы математической обработки результатов измерений : учебное пособие для вузов по специальности 090100 "Маркшейдерское дело" / А. В. Загибалов, А. Л. Охотин, 2001. - 119.
2. Папазов М. Г. Теория ошибок и способ наименьших квадратов : учеб. для вузов по специальности "Маркшейдерское дело" / М. Г. Папазов, С. Г. Могильный, 1968. - 303.
3. Гордеев Виктор Александрович. Теория ошибок измерений и уравнительные вычисления : учеб. пособие / В. А. Гордеев, 2002. - 438.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор Acer X1160