

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

Структурное подразделение «Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей
среды им. С.Б. Леонова (131)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 19 марта 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Специальность: 21.05.04 Горное дело

Обогащение полезных ископаемых

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Бурдонов
Александр Евгеньевич
Дата подписания: 04.06.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Федотов Константин
Вадимович
Дата подписания: 05.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

1.1 Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-7 Способность разрабатывать и реализовывать проекты производства работ по переработке минерального и техногенного сырья на основе современной методологии проектирования обогатительных фабрик, формировать генеральный план и компоновочные решения по различным обогатительным переделам	ПКС-7.3
ПКС-8 Способность применять современные информационные технологии и автоматизированные системы при проектировании обогатительных производств	ПКС-8.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-7.3	Способен применять методы математического моделирования при проектировании технологических схем обогатительных фабрик	Знать современные направления в области моделирования процессов переработки минерального сырья Уметь решать уравнения сепарации численными методами для ПК, а также получать аналитическое решение Владеть методами расчета технологических схем в средах программного обеспечения общего и специального назначения
ПКС-8.3	Способен работать с программными продуктами при математическом моделировании обогатительных процессов	Знать основные программные продукты для математического моделирования обогатительных процессов Уметь производить расчет и оценку эффективности применения обогатительных операций с использованием методов математического моделирования Владеть основными навыками работы с программными продуктами для моделирования обогатительных процессов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы инженерной геодезии», «Информационные технологии»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Организация и планирование горно-обогатительного производства»

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
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	Основы теории моделирования. Модели. Моделирование.	1	4			1	12	2	10	Устный опрос
2	Математическое моделирование	2	6			3	10	4	10	Устный опрос
3	Алгоритм построения модели	3	10					1	12	Устный опрос
4	Планирование и проведение эксперимента	4	12			2	10	3	12	Устный опрос

	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	Регрессионные модели с одной входной переменной	1	5			1	10	1	30	Решение задач
2	Регрессионные модели с несколькими входными переменными	2	6			2	10			Решение задач
3	Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей	3	5			3	12	2	30	Решение задач
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		16				32		96	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Основы теории моделирования. Модели. Моделирование.	1.1. Основные понятия и определения;1.2. Цели и принципы моделирования;1.3. Аксиомы теории моделирования;1.4. Виды моделей и моделирования;1.5. Функции моделей;1.6. Факторы, влияющие на модель объекта
2	Математическое моделирование	2.1. Основные понятия и определения;2.2. Требования к математической модели;2.3. Структура математической модели;2.4. Классификация математических моделей;2.5. Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов в обогащении полезных ископаемых
3	Алгоритм построения модели	3.1. Технологии моделирования;3.2. Алгоритм построения аналитической модели;3.3. Алгоритм построения эмпирической модели;3.4. Краткая характеристика основных этапов алгоритмов построения аналитических и эмпирических моделей.
4	Планирование и проведение эксперимента	4.1. Основные понятия и определения;4.2. Планирование эксперимента;4.3 Выбор уровней факторов;4.4 Полный факторный эксперимент;4.5. Проведение эксперимента.

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Регрессионные модели с одной входной переменной	5.1. Основные понятия; 5.2. Адекватность регрессионных моделей; 5.3. Точность регрессионных моделей; 5.4. Виды регрессионных моделей с одной входной переменной.
2	Регрессионные модели с несколькими входными переменными	6.1. Многофакторная (множественная) линейная регрессия; 6.2. Матричный подход к определению коэффициентов регрессии; 6.3. Оценка адекватности и точности многофакторной линейной модели; 6.4. Линейные регрессионные модели с несколькими входными переменными; 6.5. Нелинейные регрессионные модели с несколькими входными переменными; 6.6. Шаговые методы построения регрессионных моделей.
3	Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей	7.1. Интерпретация модели; 7.2. Оптимизация модели.

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	Построение модели работы щековой дробилки	12
2	Планирование эксперимента	10
3	Моделирование процесса флотации золотосодержащих руд	10

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Математическое моделирование работы центробежного концентратора	10
2	Применение аппарата регрессионного анализа для обработки результатов работы обогатительного оборудования	10
3	Оптимизация регрессионной модели	12

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
---	---------	----------------------------

1	Подготовка к практическим занятиям	12
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	10
3	Подготовка презентаций	12
4	Решение специальных задач	10

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	30
2	Создание математических и графических моделей процессов	30

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Компьютерные симуляции

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

Математическое моделирование технологических процессов. Методические указания для обучающихся по практическим работам для специальности Обогащение полезных ископаемых // Бурдонов А.Е. 2022. С.58.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Математическое моделирование технологических процессов. Методические указания для обучающихся по практическим работам для специальности Обогащение полезных ископаемых // Бурдонов А.Е. 2022. С.58.

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 | Устный опрос

Описание процедуры.

устный опрос проводится в начале занятия выборочно среди обучающихся.

Критерии оценивания.

- «5» – ответил на все вопросы правильно;
- «4» - ответил на все вопросы с 1-2 ошибками;
- «3» – часто ошибался, ответил правильно только на половину вопросов;
- «2» – почти ничего не смог выполнить правильно;
- «1» – вообще не ответил на вопросы.

6.1.2 семестр 7 | Решение задач

Описание процедуры.

Решение задач проводится в начале занятия среди обучающихся.

Критерии оценивания.

- «5» – решил все задачи правильно;
- «4» - решил задачу с 1-2 ошибками;
- «3» – часто ошибался, решил правильно только половину задач;
- «2» – почти ничего не смог выполнить правильно;
- «1» – вообще не решил задачи.

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-7.3	Может разработать технологическую схему переработки минерального сырья с использованием компьютера	Решение задач
ПКС-8.3	Может проводить разработку моделей описывающих технологический процесс	Решение задач

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

1. Экзамены проводятся в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Не допускается проведение экзамена на последних семинарских, либо лекционных занятиях.
2. Экзамен должен начинаться в указанное в расписании время и проводиться в отведенной для этого аудитории.
3. Преподаватель принимает экзамен только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки.
4. Критерии оценки ответа студента на экзамене, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения студентов до начала экзамена.
5. Результат экзамена объявляется студенту непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента. Положительные оценки заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку, неудовлетворительная оценка проставляется только в экзаменационной ведомости. В случае неявки студента для сдачи экзамена в ведомости вместо оценки делается запись «не явился».
6. В экзаменационной ведомости должны быть заполнены все графы. В случае исправления экзаменатором оценки в экзаменационной ведомости и зачетной книжке им

делается запись «исправленному на (оценка) верить» и ставится подпись.

7. Если в процессе экзамена студент использовал недопустимые дополнительные материалы (шпаргалки), то экзаменатор имеет право изъять шпаргалку и обязан поставить оценку «неудовлетворительно».

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Оценка «отлично» ставится студенту, который может составить базу данных минерального сырья в зависимости от способа их переработки и иных критериев, а так же разработать технологическую схему переработки минерального сырья с использованием компьютера.	Оценка «хорошо» ставится студенту, ответ которого свидетельствует: о полном знании материала по программе; о знании рекомендованной литературы, а также содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.	Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, ответ которого содержит: поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса; стремление логически четко построить ответ, а также свидетельствует о возможности последующего обучения.	Оценки «неудовлетворительно» ставятся студенту, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

7 Основная учебная литература

1. Городецкий Василий Васильевич. Методы решения задач по функциональному анализу : учеб. пособие для ун-тов по спец. "Математика", "Прикладная математика" / Василий Васильевич Городецкий, Н.И. Нагнибида, П.П. Настасиев

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-8914.pdf>

2. Ильин. Математический анализ: Начальный курс : учебник для вузов по специальностям "Математика", "Прикладная математика"

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-8613.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко, 1968. - 355.

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

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft Windows (Подписка DreamSpark Premium Electronic Software Delivery)
2. Свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft Office

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер ATX CD7200/1Gb/250/PCI-E512GF9500/DVD-RW/LCD 19"/кл/мышь/сет.фильтр
2. Компьютер P4500/1024*2/160/GF256Mb/DVD-RW/Samsung LCD 19"/кл/мышь/сет.фильтр
3. Компьютер в сборе BN-Ir1811-1 iC2D/iG/2Gb/320Gb/DWD-RWCR/кл/мышь/LCD 19"/ИБП/MOS
4. Компьютер в сборе BN-Ir1811-1 iC2D/iG/2Gb/320Gb/DWD-RWCR/кл/мышь/LCD 19"/ИБП/MOS