

**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: заочная

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Составитель программы: Бурдонов  
Александр Евгеньевич  
Дата подписания: 11.06.2026

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Утвердил и согласовал: Федотов Константин  
Вадимович  
Дата подписания: 11.06.2026

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-7.5
ПКС-8 Способность применять современные информационные технологии и автоматизированные системы при проектировании обогатительных производств	ПКС-8.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-7.5	Способен применять методы математического моделирования при проектировании технологических схем обогатительных фабрик	<b>Знать</b> современные направления в области моделирования процессов переработки минерального сырья <b>Уметь</b> решать уравнения сепарации численными методами для ПК, а также получать аналитическое решение <b>Владеть</b> методами расчета технологических схем в средах программного обеспечения общего и специального назначения
ПКС-8.4	Способен работать с программными продуктами при математическом моделировании обогатительных процессов	<b>Знать</b> основные программные продукты для математического моделирования обогатительных процессов <b>Уметь</b> производить расчет и оценку эффективности применения обогатительных операций с использованием методов математического моделирования <b>Владеть</b> 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»

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	Учебный год № 5	Учебный год № 6
Общая трудоемкость дисциплины	252	36	216
Аудиторные занятия, в том числе:	22	2	20
лекции	12	2	10
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	10	0	10
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	221	34	187
Трудоемкость промежуточной аттестации	9	0	9
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен		Экзамен

### 4 Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

##### Учебный год № 5

№ 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	2					1	10	Устный опрос
2	Математическое моделирование							3	12	Устный опрос
3	Алгоритм построения модели									Устный опрос
4	Планирование и							2	12	Устный

	проведение эксперимента									опрос
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

#### Учебный год № 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	Регрессионные модели с одной входной переменной	1	3					2	30	Решение задач
2	Регрессионные модели с несколькими входными переменными	2	4					2	30	Решение задач
3	Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей	3	3			1	10	1, 2	127	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								9	Экзамен
	Всего		10				10		196	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Учебный год № 5

№	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
--	-------------------------

#### Учебный год № 6

№	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

##### Учебный год № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Моделирование процесса флотации золотосодержащих руд	10

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Учебный год № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	10
2	Подготовка презентаций	12
3	Решение специальных задач	12

##### Учебный год № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к экзамену	97
2	Создание математических и графических	90

	моделей процессов	
--	-------------------	--

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 учебный год 5 | 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 учебный год 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.

#### **6.1.3 учебный год 6 | 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**

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации</b>
ПКС-7.5	Может разработать технологическую схему переработки минерального сырья с использованием компьютера	Решение задач
ПКС-8.4	Может проводить разработку моделей описывающих технологический процесс	Решение задач

### **6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации**

#### **6.2.2.1 Учебный год 6, 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 В. В. Методы решения задач по функциональному анализу : учеб. пособие для ун-тов по спец. "Математика", "Прикладная математика / В. В. Городецкий, Н. И. Нагнибида, П. П. Настасиев, 1990. - 479.

[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". Ч. 1, 1985. - 662.

[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)
2. Свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft Office

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Комплекс ученика в составе: ПЭВМ НИКС Core i5-10400/8Гб/256Гб SSD/UND Graphics 630  
Монитор АОС 21.5 Value line E2270WDN (00/01) черный TN+film LED16:9; клавиатура+мышь Оклик 600М клавиатура черный, мышь черный USB; колонки Оклик ОК-128 2.0 черный 6Вт; камера Web A4 Tech РК-910Р черный 1 Мрiх (1280x720) USB2.0 с микрофоном; ИБП Powercom Spider SPD-750U LCD 450 Вт 750 ВА черный. Ин № 92222001- 92222026
2. Ноутбук Acer Aspire 3 Slim A 315-59-55KQ Core i51235 U8Gb SSD256Gb Intel UHD Graphics15.6 IPS FHD (1920x1080) Eshell silver WiFi BT Cam. Ин № 92222027
3. Интерактивная панель Intervrite МТМ-75Т9 Диагональ экрана 75 (189,3), 20 касаний Android 11.0, 40 касаний Windows, Сканер отпечатка пальца (биометрия); Android11.0; RAM 8Gb/ROM 128 Gb.