

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**  
Горный институт

УТВЕРЖДАЮ

Директор ГИ

\_\_\_\_\_ А.А. Хорешок

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых**

Специальность 21.05.04 Горное дело  
Специализация / направленность (профиль) Обогащение полезных ископаемых

Присваиваемая квалификация  
"Горный инженер (специалист)"

Формы обучения  
заочная, очная

Кемерово 2016 г.



1511226676

Рабочую программу составил:  
кафедры ОПИ

Рабочая программа обсуждена  
на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой обогащения полезных  
ископаемых \_\_\_\_\_

подпись

А.А. Бобровникова

ФИО

Согласовано учебно-методической комиссией  
по направлению подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Председатель учебно-методической комиссии по направлению  
подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело \_\_\_\_\_

подпись

В.И. Удовицкий

ФИО



1511226676

## **1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых", соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Освоение дисциплины направлено на формирование:  
общефессиональных компетенций:

ОПК-7 - умением пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов

профессиональных компетенций:

ПК-12 - готовностью оперативно устранять нарушения производственных процессов, вести первичный учет выполняемых работ, анализировать оперативные и текущие показатели производства, обосновывать предложения по совершенствованию организации производства

ПК-13 - умением выполнять маркетинговые исследования, проводить экономический анализ затрат для реализации технологических процессов и производства в целом

ПК-15 - умением изучать и использовать научнотехническую информацию в области эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов

ПК-8 - готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством

ПК-9 - владением методами геологопромышленной оценки месторождений полезных ископаемых, горных отводов

профессионально-специализированных компетенций:

ПСК-6.6 - способностью анализировать и оптимизировать структуру, взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при строительстве и реконструкции с учетом требований промышленной и экологической безопасности

**Результаты обучения по дисциплине определяются индикаторами достижения компетенций**

**Индикатор(ы) достижения:**

**Результаты обучения по дисциплине:**

методики расчета технологических и экономических показателей процессов и схем обогащения  
последовательность обработки информации по ситовому и фракционному анализам для формирования состава шихты

технологии добычи полезных ископаемых для оценки величины разубоживания и изменения гранулометрического и фракционного составов полезного ископаемого

критерии оптимальности процессов и технологий обогащения для достижения максимума функции цели

Взаимосвязи комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых.

Способы оперативно устранять нарушения производственных процессов, методы анализа оперативных и текущих показателей производства.

Методы геолого-промышленной оценки месторождений полезных ископаемых.

проводить сравнительный анализ капитальных и эксплуатационных затрат для обоснования выбора технологии обогащения

создавать базы данных для хранения и обработки ситовых и фракционных составов каменных углей;

изучать и использовать научно-техническую информацию в области эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых

пользоваться компьютерными программами при расчете технологических схем обогащения для определения оптимальных плотностей разделения, при которых достигается максимальный выход суммарного концентрата требуемого качества

Оптимизировать структуру комплексов по добыче и переработке полезных ископаемых с учетом требований промышленной и экологической безопасности.

Вести первичный учет выполняемых работ, обосновывать предложения по совершенствованию организации производства.

Провести оценку запасов месторождения.

умением выполнять маркетинговые исследования, проводить экономический анализ затрат для реализации технологических процессов и производства в целом

умением пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов

методами компьютерного моделирования ситового и фракционного составов шихты при



1511226676

различных коэффициентах разубоживания

готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством

Способностью выявлять и оптимизировать функционирование горного предприятия по добыче и обогащению полезных ископаемых при их строительстве и реконструкции.

Готовностью оперативно реагировать на изменение характеристик производственных процессов, устранять нарушения, вести учет работ, улучшать организацию производства.

Владением способностью оценки месторождений полезных ископаемых.

## **2 Место дисциплины "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых" в структуре ОПОП специалитета**

Для освоения дисциплины необходимы знания умения, навыки и (или) опыт профессиональной деятельности, полученные в рамках изучения следующих дисциплин: Геология, Горные машины и оборудование, Гравитационные процессы обогащения, Информатика, Компьютерные решения обогатительных фабрик, Компьютерная графика, Основы горного дела (основы обогащения и переработки полезных ископаемых), Основы научных исследований, Подготовительные процессы обогащения, Процессы обезвоживания, окомкования и складирования продуктов обогащения, Реагенты в физико-химических процессах, Флотационные процессы обогащения.

В области компьютерного моделирования процессов для технико-экономического обоснования выбора технологии обогащения при максимизации функции цели

## **3 Объем дисциплины "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых" в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых" составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Форма обучения	Количество часов		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ
<b>Курс 5/Семестр 9</b>			
Всего часов	180	180	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий):</b>			
Аудиторная работа			
Лекции	34	4	
Лабораторные занятия	34	8	
Практические занятия			
Внеаудиторная работа			
Индивидуальная работа с преподавателем:			
Курсовое проектирование			
Консультация и иные виды учебной деятельности			
<b>Самостоятельная работа</b>	76	159	
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	экзамен /36	экзамен /9	

## **4 Содержание дисциплины "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых", структурированное по разделам (темам)**

### **4.1. Лекционные занятия**

Раздел дисциплины, темы лекций и их содержание	Трудоемкость в часах		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ



1511226676

<p><b>Раздел 1. Введение.</b>  <b>Лекция 1.</b> Задачи и содержание курса. Назначение и типы моделей. Свойства производственных систем и виды математических моделей. Качественные характеристики математических моделей. Оптимизационные модели, их структура. Этапы решения оптимизационной задачи.</p>	2		
<p><b>Раздел 2. Математическое моделирование и программирование в среде Turbo Pascal.</b>  <b>Лекция 2.</b> Методы и средства поиска оптимальных решений. Особенности решения задач математического программирования. Графическое решение оптимизационной задачи</p>	2		
<p><b>Лекция 3.</b> Краткая характеристика задач, методов и программных средств математического программирования.</p>	2		
<p><b>Раздел 3. Применение методов физического моделирования технологических процессов для подготовки и обработки информации на ПЭВМ.</b>  <b>Лекция 4.</b> Существующие технологические схемы гравитационного обогащения каменных углей в зависимости от категории обогатимости.</p>	2		
<p><b>Лекция 5.</b> Методы прогнозирования ситового и фракционного состава шихты. Аналитическое представление суммарных характеристик крупности. Определение параметров аппроксимирующих функций методом наименьших квадратов.</p>	2		
<p><b>Лекция 6.</b> Моделирование качественного состава шихты. Алгоритм ввода и проверки исходных данных угольных пластов. Описание логической структуры программы "Kontr". Прогнозирование фракционного состава каменных углей по минимальному объему исходных данных. Руководство программиста при работе с программой "Frak". Определение диапазона плотностей тяжелых жидкостей при расчете полного фракционного состава.</p>	2		
<p><b>Раздел 4. Моделирование гравитационных процессов обогащения.</b>  <b>Лекция 7.</b> Оценка эффективности работы тяжелосредних сепараторов, гидроциклонов, отсадочных машин, винтовых и крутонаклонных сепараторов. Определение среднего вероятного отклонения и коэффициента погрешности разделения.</p>	2		
<p><b>Лекция 8.</b> Методы прогнозирования результатов гравитационного обогащения. Выбор и обоснование критериев оптимальности при расчете схем.</p>	2	2	
<p><b>Лекция 9.</b> Аппроксимация кривых обогатимости интерполяционным полиномом Лагранжа. Описание алгоритма программы "Lagr". Прогнозирование результатов обогащения с помощью интеграла Гаусса. Алгоритм расчета интеграла Гаусса для отсадки и тяжелосредних установок. Прогнозирование максимального выхода суммарного гравитационного концентрата.</p>	2		
<p><b>Лекция 10.</b> Факторное планирование флотационного обогащения. Поиск оптимальной области эксперимента методом Бокса-Уилсона. Описание логической структуры программы "Faktor" и ее использование при моделировании флотации на ЭВМ.</p>	2		
<p><b>Раздел 5. Моделирование технологических схем обогащения в зависимости от критерия оптимальности.</b>  <b>Лекция 11.</b> Алгоритм расчета максимального выхода суммарного концентрата планируемой зольности без предварительного составления теоретического баланса.</p>	2	2	



1511226676

<b>Лекция 12.</b> Математическое моделирование технологических процессов в зависимости от критерия оптимальности.	2		
<b>Лекция 13.</b> Алгоритм поиска оптимальных плотностей разделения, обеспечивающих получение максимальной выручки от реализации обогащенных продуктов.	2		
<b>Лекция 14.</b> Алгоритм расчета ожидаемых результатов переобогащения промпродукта.	2		
<b>Лекция 15.</b> Моделирование на ЭВМ технологических схем и процессов обогащения ЦОФ «Кузбасская», «Березовская».	2		
<b>Лекция 16.</b> Моделирование на ЭВМ технологических схем и процессов обогащения ЦОФ «Зиминка», «Абашевская», «Сибирь».	2		
<b>Лекция 17.</b> Моделирование на ЭВМ технологических схем и процессов обогащения ЦОФ «Распадская», «Северная», «Спутник»	2		
Итого	34	4	

#### 4.2. Лабораторные занятия

Наименование работы	Трудоемкость в часах		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ
Решение задач.	2		
<i>Лабораторная работа № 1.</i> Вычисление определенного интеграла.	4	2	
<i>Лабораторная работа № 2.</i> Интерполирование функций.	4		
<i>Лабораторная работа № 3.</i> Среднеквадратическая аппроксимация и метод наименьших квадратов	4	2	
<i>Лабораторная работа № 4.</i> Прогнозирование фракционного состава разубоженных углей.	4		
<i>Лабораторная работа № 5.</i> Моделирование качественной характеристики шихты.	4	2	
<i>Лабораторная работа № 6.</i> Планирование результатов гравитационного обогащения угля	4		
<i>Лабораторная работа № 7.</i> Аппроксимация кривых обогатимости интерполяционным полиномом Лагранжа	4	2	
Защита лабораторных работ	4		
Итого	34	8	

#### 4.3 Практические (семинарские) занятия

Тема занятия	Трудоемкость в часах		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ

#### 4.4 Самостоятельная работа студента и перечень учебно-методического обеспечения



1511226676

**для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Вид СРС	Трудоемкость в часах		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ
Выполнение курсового проекта	50	80	
Выполнение контрольной работы для студентов заочной формы обучения	-	40	
Чтение литературы , подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	26	39	
Итого	76	159	

**4.5 Курсовое проектирование**

**Курсовой проект**

**Целью курсового проекта,** является прогнозирование гранулометрического состава каменных углей на основе применения методов вычислительной техники, математического моделирования и математических методов.

**Задачи курсового проекта**

1. Определить параметры заданных функций методом наименьших квадратов.
2. Построить точечный график результатов эксперимента и графики приближающих функций.
3. Оценить качество эмпирических зависимостей по среднему квадратическому отклонению и по лучшей аппроксимации рассчитать выход и зольность классов 2-13 и 0,2-2 мм.

**5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых"**

**5.1 Паспорт фонда оценочных средств**

№	Наименование разделов дисциплины	Содержание (тема) раздела	Код компетенции	Знания, умения, навыки, необходимые для формирования соответствующей компетенции	Форма текущего контроля знаний, умений, навыков, необходимых для формирования соответствующей компетенции



1511226676

Раздел1. Введение.	Задачи и содержание курса. Назначение и типы моделей. Свойства производственных систем и виды математических моделей. Качественные характеристики математических моделей. Оптимизационные модели, их структура. Этапы решения оптимизационной задачи.	ОПК-7 ПК-12 ПК-13 ПК-4 ПК-9 ПК-4.6	<p><b>ОПК-7</b> Знать: последовательность обработки информации по сытовому и фракционному анализам для формирования состава шихты. Уметь: создавать базы данных для хранения и обработки сытовых и фракционных составов каменных углей. Владеть: умением пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов. <b>ПК-12</b> Знать: Способы оперативно устранять нарушения в производственных процессах, методы анализа оперативных и текущих показателей производительности. Уметь: Вести первичный учет выполняемых работ, обосновывать предложения по совершенствованию организации производства. Владеть: Готовностью оперативно реагировать на изменение характеристик производственных процессов, устранять нарушения, вести учет работ, улучшать организацию производства. <b>ПК-13</b> Знать: методики расчета технологических и экономических показателей процессов и схем обогащения. Уметь: проводить сравнительный анализ капитальных и эксплуатационных затрат для обоснования выбора технологий обогащения. Владеть: умением вносить маркетинговые исследования, проводить экономический анализ затрат для реализации технологических процессов и производства в целом. <b>ПК-14</b> Знать: технологии добычи полезных ископаемых для оценки величин разубоживания и изменения в гранулометрического и фракционного составов полезного ископаемого Уметь: изучать и использовать научную информацию в области эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых. Владеть: методами компьютерного моделирования сытового и фракционного составов шихты при различных коэффициентах разубоживания <b>ПК-8</b> Знать: критерии оптимальности процессов и технологий обогащения для достижения максимума функции цели. Уметь: пользоваться компьютерными программами при расчете технологических схем обогащения для определения оптимальных плотностей разделения, при которых достигается максимальный выход суммарного количества требуемого качества. Владеть: готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством. <b>ПК-9</b> Знать: Методы геолого-промышленной оценки месторождений полезных ископаемых. Уметь: Провести оценку запасов месторождения. Владеть: Владением способностью оценки месторождений полезных ископаемых. <b>ПК-4.6</b> Знать: Взаимосвязи комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых. Уметь: Оптимизировать структуру комплексов по добыче и переработке полезных ископаемых с учетом требований промышленной и экологической безопасности. Владеть: Способностью выявлять и оптимизировать функционирование горного предприятия по добыче и обогащению полезных ископаемых при их строительстве и реконструкции.</p>	Защита лабораторных работ. Контрольная работа для студентов заочной формы обучения. Выполнение и защита курсового проекта.
--------------------	---	---	--	--



1511226676



<p><b>Раздел 2.</b> Математическое моделирование и программирование в среде Turbo Pascal.</p>	<p>Методы и средства поиска оптимальных решений. Особенности решения задач математического программирования. Графическое решение оптимизационной задачи. Краткая характеристика задач, методов и программных средств математического программирования.</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Применение методов физического моделирования технологических процессов для подготовки и обработки информации на ЭВМ.</p>	<p>Существующие технологические схемы обогащения гравиационного обогащения каменных углей в зависимости от категории обогатимости. Методы прогнозирования ситового и фракционного состава шихты. Аналитическое представление суммарных характеристик крупности. Определение параметров аппроксимирующих функций методом наименьших квадратов. Моделирование качественного состава шихты. Алгоритм ввода и проверки исходных данных угольных пластов. Описание логической структуры программы "Конт". Прогнозирование фракционного состава каменных углей по минимальному объему исходных данных. Руководство программиста при работе с программой "Frac". Определение диапозона плотности тяжелой жидкости при расчете полного фракционного состава.</p>
<p><b>Раздел 4.</b> Моделирование гравиационных процессов обогащения.</p>	<p>Оценка эффективности работы тяжелых средних сепараторов, гидросистем, отсадочных машин, винтовых и кругомалочных сепараторов. Методы прогнозирования результатов гравиационного обогащения. Выбор обоснование критериев оптимальности при расчете схем. Аппроксимация кривых обогатимости многофазным полиномом Лагранжа. Описание алгоритма программы "Lagr". Прогнозирование результатов обогащения с помощью интеграла Гаусса. Факторное планирование флотационного обогащения.</p>
<p><b>Раздел 5.</b> Моделирование технологических схем обогащения в зависимости от критерия оптимальности.</p>	<p>Алгоритм расчета максимального выхода суммарного концентрата при планировании зольности без предварительного составления теоретического баланса. Алгоритм поиска оптимальных плотностей разделения, обеспечивающих получение максимальной выручки от реализации обогатенных продуктов. Моделирование на ЭВМ технологических схем и процессов обогащения на обогатительных фабриках Кузбасса.</p>

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

### Примерный перечень вариантов курсового проекта

Исходные данные для расчета, количественная характеристика пласта и приближающая функция 1-4 ого порядка.



1511226676

№ варианта	Номера приближающих функций				№ пласта
1	1	6	9	13	1
2	2	7	10	14	2
3	3	8	11	15	3
4	4	6	12	16	4
5	5	7	9	13	5
6	1	8	10	14	6
7	2	6	11	15	7
8	3	7	12	16	8
9	4	8	9	13	9
10	5	6	10	14	10

### Контрольная работа (для студентов заочного обучения)

Контрольная работа состоит из 3 задач. Все вопросы, рассматриваемые в контрольной работе, изучаются студентами самостоятельно. Задание выдается на установочной лекции. Изучение вопросов и выполнение работы производится в течение семестра, в котором изучается эта дисциплина и сдается перед сессией преподавателю с регистрацией в деканате заочного отделения, что соответствует принципам заочного обучения.

**Задание 1. Разработать алгоритм и программу для табулирования функции  $y = \ln(x) \times x \times \exp(-x^2)$ .**

**Задание 2. Разработать алгоритм и программу для поиска максимума функции  $y = \ln(x) \times x \times \exp(-x^2)$  методом золотого сечения.**

**Задание 3. Разработать алгоритм и программу нахождения корня уравнения  $\exp(-x^2) = \ln(x)$  на отрезке  $[a, b]$  до заданной точности  $\epsilon$  методом дихотомии. Программа должна контролировать исходный интервал на принадлежность области определения, выводить на экран не только найденный корень, но и промежуточные оценки, сигнализировать об отсутствии корня в заданном интервале.**

#### 5.2.1. Оценочные средства при текущем контроле

Отчет по лабораторной работе включает в себя: номер, название и цель работы, краткое описание теоретических положений, содержание и порядок проведения работы, оформление результатов и вывод.

Вопросы для защиты лабораторной работы:

1. Методика выполнения работы.
2. Область применения методики расчета.
3. Оценка полученных результатов.
4. Применение на практике данной методики оценки процесса.

**Оценочные средства для защиты лабораторных работ:**

- 90 - 100 баллов при правильном и полном ответе на 4 вопроса;

75 - 89 баллов при правильном и полном ответе на 3 вопроса и правильном неполном ответе на 1 вопрос;

- 65 - 74 балла при правильном и полном ответе на 2 вопроса и правильном неполном ответе на 2 вопроса;

- 0 - 64 балла при неправильном и неполном ответе на 2 вопроса и неполном ответе на 2 вопроса или при отсутствии правильных ответов.

Количество баллов	0 - 64	65 - 100
Шкала значений	Не зачтено	Зачтено

**Критерии оценивания контрольной работы:**

- 90 - 100 баллов при правильном и полном ответе на вопросы ;

- 64 - 89 баллов при правильном, но неполном ответе на вопросы ;

- 0 - 64 балла при неправильном и неполном ответе на вопросы.

Количество баллов	0 - 64	65 - 100
Шкала оценивания	Не зачтено	Зачтено

**Критерии оценивания курсового проекта:**

- 90 - 100 баллов при правильном и полном выполнении расчетов технологической схемы и достаточном обосновании принятых методик выполнения расчетов;

- 75 - 89 баллов при правильном, но неполном выполнении расчетов технологической схемы, при недостаточно полном обосновании принятых методик выполнения расчетов;



1511226676

- 65 - 74 баллов при правильном и не достаточно полном выполнении расчетов технологической схемы ;

- 0 - 64 балла при неправильном расчете технологической схемы и неправильном обосновании методик расчета.

Количество баллов	0 - 64	65 - 74	75 - 89	90 - 100
Шкала оценивания	НЕУД	УДОВЛ	ХОР	ОТЛИЧНО

### 5.2.2 Оценочные средства при промежуточной аттестации

Формой промежуточной аттестации является экзамен, в процессе которого определяется сформированность компетенций обозначенных в рабочей программе. Во время экзамена обучающийся отвечает на билет, содержащий 2 вопроса.

#### Критерии оценивания ответов на билет:

- 90 - 100 баллов при правильном и полном ответе на 2 вопроса;

- 75 - 89 баллов при правильном и полном ответе на 1 вопроса и неполном правильном ответе на 1 вопрос;

- 65 - 74 балла при правильном и полном ответе на 1 вопрос и неправильном и неполном ответе на 1 вопрос;

- 0- 64 балла при отсутствии ответа на 2 вопроса или неполный правильный ответ на 1 вопрос и неправильные ответы на 1 вопроса.

Количество баллов	0 - 64	65 - 74	75 - 89	90 - 100
Шкала оценивания	НЕУД	УДОВЛ	ХОР	ОТЛИЧНО

#### Вопросы к экзамену по дисциплине

#### «Экономико-математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых»

1. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = 1/(a_0 + a_1 x)$ .
1. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить полиномиальную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда.
2. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = a_0 + a_1 \ln x$ .
3. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить логарифмическую линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда
4. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = a_0 + a_1/x$
5. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить экспоненциальную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда
6. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = \exp(a_0 + a_1 x)$
7. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить степенную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда
8. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = a_0 x^{0.5}/\exp(a_1/x)$
9. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить полиномиальную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда.
10. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = a_0 x + a_1/x$ .
11. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить логарифмическую линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда
12. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = x/(a_0 x + a_1)$
13. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить экспоненциальную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда
14. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = a_0 + a_1 x$ .
15. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить степенную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда.
16. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом



1511226676



- наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = a_0 + a_1 1/x + a_2 1/x^2 + a_3 1/x^3$ .
47. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить степенную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда.
  48. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = 1/(a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3)$ .
  49. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить экспоненциальную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда.
  50. Для заданных таблично значений отверстий сит  $x$  и суммарных выходов  $y$  определить методом наименьших квадратов параметры аппроксимирующей функции  $y = \exp(a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3)$ .
  51. Для тех же условий с использованием Мастера Диаграмм *Excel* создать точечную диаграмму и построить степенную линию тренда. Показать на диаграмме уравнение линии тренда.

### **5.2.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

## **6 Учебно-методическое обеспечение**

### **6.1 Основная литература**

1. Федотов, К. В. Проектирование обогатительных фабрик : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. (специальности) 130400 "Горн. дело", специализация "Обогащение полез. ископаемых" / К. В. Федотов, Н. И. Никольская. – Москва : Горная книга, 2012. – 536 с. – (Обогащение полезных ископаемых). – Текст : непосредственный.
2. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов в горном деле. Компьютерное моделирование / А. С. Вознесенский, М. Н. Красилов, Я. О. Куткин. – Издательский Дом МИСиС, 2018. – с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/78566.html> (дата обращения: 19.04.2021). – Текст : электронный.
3. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов горного производства : учебное пособие / А. С. Вознесенский. — Москва : МИСиС, 2018. — 212 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116425> (дата обращения: 01.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **6.2 Дополнительная литература**

1. Верхотуров, М. В. Гравитационные методы обогащения : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых", [а также для магистров и аспирантов] / М. В. Верхотуров. – Москва : МАКС Пресс, 2006. – 352 с. – Текст : непосредственный.
2. Мак-Кракен, Д. Д. Численные методы и программирование на ФОРТРАНе : [для студентов и аспирантов вузов] / Д. Мак-Кракен, У. Дорн ; пер. с англ. Б. Н. Казака ; под ред. Б. М. Наймарка. – 2-е изд., стер. – Москва : Мир, 1977. – 584 с. – Текст : непосредственный.
3. Техника и технология обогащения углей : справ. руководство / В. В. Беловолов [и др.]; под ред. В. А. Чантурия, А. Р. Молявко; РАН, Ин-т проблем комплексного освоения недр [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1995. – 622 с. – Текст : непосредственный.
4. Справочник по обогащению углей / З. Ш. Беринберг [и др.]; под ред. И. С. Благова, А. М. Коткина, Л. С. Зарубина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1984. – 614 с. – Текст : непосредственный.
5. Современная техника и технологии обогащения российских углей : каталог-справочник / Федер. агентство по энергетике ; сост. Л. А. Антипенко [и др.]; под общ. ред. В. М. Щадова. – Кемерово, 2008. – 310 с. – Текст : непосредственный.
6. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов горного производства / А. С. Вознесенский. – Издательский Дом МИСиС, 2018. – с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/98209.html> (дата обращения: 19.04.2021). – Текст : электронный.

### **6.3 Методическая литература**

### **6.4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>



1511226676

3. Электронная библиотека КузГТУ [https://elib.kuzstu.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=230&Itemid=229](https://elib.kuzstu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=229)
4. Электронная библиотечная система Новосибирского государственного технического университета <https://clck.ru/UoXpv>
5. Справочная правовая система «КонсультантПлюс» <http://www.consultant.ru/>

### **6.5 Периодические издания**

1. Вестник Кузбасского государственного технического университета : научно-технический журнал (печатный/электронный) <https://vestnik.kuzstu.ru/>
2. Вычислительные технологии : журнал (печатный)
3. Информационные технологии (с приложением) : теоретический и прикладной научно-технический журнал (печатный)
4. Мир ПК : журнал для пользователей персональных компьютеров (печатный)
5. Прикладная информатика : научно-практический журнал (электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=25599>
6. Программирование : журнал (печатный)

### **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Официальный сайт Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева  
Режим доступа: WWW. kuzstu.ru  
Электронные библиотечные системы:  
Университетская библиотека онлайн  
Режим доступа:  
WWW. studentlibrary.ru

### **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых"**

При изучении дисциплины основой является самостоятельная работа студентов. Начать обучение студент должен с ознакомления с конспектом лекций и с методической литературой по дисциплине. Перед выполнением лабораторных работ необходимо ознакомиться с теоретическим материалом по теме работы.

### **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых", включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Для изучения дисциплины может использоваться следующее программное обеспечение:

1. ESET NOD32 Smart Security Business Edition
2. Microsoft Windows
3. Autodesk AutoCAD 2017
4. Mozilla Firefox
5. Google Chrome
6. Opera
7. Yandex

### **10 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине "Математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых"**

Аудитории 2001, 2002, 2007, 2009, 2010, 2118, 2119, 2120. Аудитории 2001, 2002, 2007, 2009, 2010, 2119, 2120 оснащены лабораторным оборудованием. В аудитории 2118 смонтирован макет основного технологического оборудования обогатительной фабрики для обогащения коксующихся углей.

### **11 Иные сведения и (или) материалы**

При изучении тем дисциплины «Экономико-математическое моделирование процессов и



1511226676

технологий обогащения полезных ископаемых» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий читаются лекции, самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации, помощь при выполнении домашних заданий) и индивидуальную работу студента в библиотеке или компьютерном классе.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и углублению знаний, овладению умениями и получению навыков в области промышленной отрасли. Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

- информационно-развивающие – лекция, объяснение, демонстрация, решение задач, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;
- проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых или самостоятельно формулируемых вопросов по современным проблемам промышленной отрасли;
- интерактивные – выступление студента в роли обучающего, решение ситуационны



1511226676



1511226676



## Список изменений литературы на 01.03.2017

### Основная литература

1. Федотов, К. В. Проектирование обогатительных фабрик : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. (специальности) 130400 "Горн. дело", специализация "Обогащение полез. ископаемых" / К. В. Федотов, Н. И. Никольская. – Москва : Горная книга, 2012. – 536 с. – (Обогащение полезных ископаемых). – Текст : непосредственный.
2. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2010. – 400 с. – ISBN 978-5-8114-0799-6. – URL: <https://e.lanbook.com/book/537> (дата обращения: 24.10.2021). – Текст : электронный.
3. Клейн, М. С. Технология обогащения углей : учебное пособие для студентов специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 128 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90655&type=utchposob:common> (дата обращения: 23.05.2022). – Текст : электронный.
4. Кармазин, В. В. Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В. В. Кармазин, И. К. Младецкий, П. И. Пилов. – 2-е изд., стер. – Москва : Горная книга, 2009. – 221 с. – (Обогащение полезных ископаемых). – Текст : непосредственный.

### Дополнительная литература

1. Верхотуров, М. В. Гравитационные методы обогащения : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых", [а также для магистров и аспирантов] / М. В. Верхотуров. – Москва : МАКС Пресс, 2006. – 352 с. – Текст : непосредственный.
2. Шупов, Л. П. Моделирование и расчет на ЭВМ схем обогащения / Л. П. Шупов. – Москва : Недра, 1980. – 288 с. – Текст : непосредственный.
3. Мак-Кракен, Д. Д. Численные методы и программирование на ФОРТРАНе : [для студентов и аспирантов втузов] / Д. Мак-Кракен, У. Дорн ; пер. с англ. Б. Н. Казака ; под ред. Б. М. Наймарка. – 2-е изд., стер. – Москва : Мир, 1977. – 584 с. – Текст : непосредственный.
4. Математический практикум : учебное пособие для вузов / под ред. Г. Н. Положего. – Москва : Физматгиз, 1960. – 512 с. – Текст : непосредственный.
5. Удовицкий, В. И. Моделирование подготовительных и основных процессов переработки каменных углей / В. И. Удовицкий. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 1998. – 498 с. – Текст : непосредственный.
6. Экономико-математическое моделирование процессов и технологий обогащения полезных ископаемых : учебное пособие для студентов специализации 130406.65 «Обогащение полезных ископаемых» специальности 130400.65 «Горное дело» / В. И. Удовицкий [и др.] ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полезн. ископаемых. – Кемерово : КузГТУ, 2012. – 52 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90930&type=utchposob:common> (дата обращения: 23.05.2022). – Текст : электронный.
7. Техника и технология обогащения углей : справ. руководство / В. В. Белололов [и др.]; под ред. В. А. Чантурия, А. Р. Молявко; РАН, Ин-т проблем комплексного освоения недр [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1995. – 622 с. – Текст : непосредственный.
8. Справочник по обогащению углей / З. Ш. Беринберг [и др.] ; под ред. И. С. Благова, А. М. Коткина, Л. С. Зарубина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1984. – 614 с. – Текст : непосредственный.
9. Современная техника и технологии обогащения российских углей : каталог-справочник / Федер. агентство по энергетике ; сост. Л. А. Антипенко [и др.] ; под общ. ред. В. М. Щадова. – Кемерово, 2008. – 310 с. – Текст : непосредственный.
10. Прогнозирование количественных характеристик полезных ископаемых на ПЭВМ : учебное пособие / В. И. Удовицкий [и др.]; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово : Издательство КузГТУ, 1997. – 167 с. – Текст : непосредственный.



1511226676