

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой

Кафедра обогащения полезных  
ископаемых (ОПИ\_ХМФ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

Кафедра обогащения полезных  
ископаемых (ОПИ\_ХМФ)

наименование кафедры

Брагин Виктор Игоревич

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ  
МАТЕМАТИКА. ДОП. ГЛАВЫ:  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Дисциплина Б1.Б.03.25 ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ  
Математика. Доп. Главы: Моделирование обогатительных  
процессов

Направление подготовки / 21.05.04 Горное дело специализация  
специальность 21.05.04.00.06 Обогащение полезных  
ископаемых

Направленность  
(профиль)

Форма обучения заочная

Год набора 2015

Красноярск 2021

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

210000 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО,  
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Специальность 21.05.04 Горное дело специализация 21.05.04.00.06  
Обогащение полезных ископаемых

Программу ст. преп., Вашлаев Антон Иванович  
составили

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель преподавания дисциплины**

Целью освоения дисциплины является теоретическая и практическая подготовка будущих специалистов - горных инженеров в области моделирования процессов обогащения. Изучение моделирования обогатительных процессов позволит научить будущего специалиста современным средствам изучения обогатительных процессов, их оптимизации и управления, сформировать практические навыки.

Изучение методов моделирования процессов обогащения позволит сформировать у будущего специалиста теоретические знания, практические навыки, выработать профессиональные и общекультурные компетенции, которые, в свою очередь, позволят успешно приобретать новые знания, систематизировать и обобщать их.

Для достижения целей в курсе моделирования обогатительных процессов предлагаются современные средства, основанные на общей теории обогатительных процессов. Эта компактная теория представляет собой математическое обобщение подхода к изучению минеральных процессов, основанного на понятиях фракционного состава материала и сепарационной характеристики аппарата. Алгоритмы решения задач, сформулированные в рамках этого формализма, обрабатываются компьютерной техникой значительно легче и экономнее, чем традиционные, что позволяет шире использовать информационные технологии в обогащении.

### **1.2 Задачи изучения дисциплины**

Задачи изучения дисциплины основываются на необходимости получения горным инженером-обогабителем соответствующих знаний, умений, навыков в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 21.05.04 – Горное дело, на основе которых формируются соответствующие компетенции.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ОПК-7:умением пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов</b>	
--	--

Уровень 1	теоретические основы процессов и технологий дезинтеграции,
-----------	--

	разделения и концентрации полезных компонентов из минерального сырья в товарные продукты
Уровень 2	принципы управления и обработки информационных массивов для решения задач в области обогащения полезных ископаемых
Уровень 3	принципы организации и проведения процедур компьютерного моделирования в области обогащения полезных ископаемых
Уровень 1	пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов в процессах переработки минерального сырья
Уровень 2	проектировать оптимальную технологическую схему и предсказать оптимальные показатели работы обогатительной фабрики
Уровень 3	применять компьютер для оценки и оптимизации технологических процессов
Уровень 1	навыками использования компьютера как средства управления и обработки данных о месторождении полезных ископаемых
Уровень 2	методами расчёта показателей раскрытия и обогатимости сырья
Уровень 3	методами компьютерного моделирования процессов переработки минерального сырья
<b>ПК-8:готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством</b>	
Уровень 1	знать основные автоматизированные системы управления производством
Уровень 2	закономерности движения минеральных частиц в рабочих зонах обогатительных аппаратов
Уровень 3	современное состояние и направление развития автоматизированных систем
Уровень 1	применять для обработки информации автоматизированные системы проектирования
Уровень 2	решать задачи оперативного управления и контроля качества рудного сырья для обогатительных производств
Уровень 3	решать задачи организации эффективности обогатительных процессов с использованием автоматизированных систем управления
Уровень 1	терминологией и понятийным аппаратом автоматизированных систем управления производством
Уровень 2	методологией внедрения автоматизированных систем управления производством
Уровень 3	навыками повышения эффективности управления горно-рудным предприятием и его процессами на основе результатов внедрения автоматизированных систем управления производством
<b>ПК-22:готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях</b>	
Уровень 1	современные направления в области моделирования процессов переработки минерального сырья

Уровень 2	возможности программных продуктов JKSimMet, JKSimFloat для целей моделирования обогатительных процессов
Уровень 3	основные приемы работы со специализированным ПО JKSimMet, JKSimFloat при проведении теоретических расчетов и обработке экспериментальных данных
Уровень 1	решать уравнения сепарации численными методами для ПК, а также получать аналитическое решение
Уровень 2	формулировать алгоритмы решения оптимальных задач в проектировании схем обогащения
Уровень 3	использовать на практике пакет прикладного и специализированного ПО JKSimMet, JKSimFloat
Уровень 1	базовыми навыками использования преимуществ специализированного ПО JKSimMet, JKSimFloat в решении технологических задач обогатительных производств
Уровень 2	методами расчета технологических схем в средах программного обеспечения общего и специального назначения
Уровень 3	методами поиска научной и технической информации для успешной реализации проектов, выполненных с использованием специализированного ПО JKSimMet, JKSimFloat

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Для изучения дисциплины «Математика. Доп. Главы: Моделирование обогатительных процессов» необходимы знания по следующим дисциплинам: математике (дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, теория вероятностей и математическая статистика, методы приближенных вычислений); физике (классическая механика, механика броуновского движения).

Математика

Физика

Физика

Гравитационные методы обогащения;

Магнитные, электрические и специальные методы обогащения;

Флотационные методы обогащения

#### 1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		6
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3 (108)</b>	<b>3 (108)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>0,44 (16)</b>	<b>0,44 (16)</b>
занятия лекционного типа	0,22 (8)	0,22 (8)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	0,22 (8)	0,22 (8)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2,44 (88)</b>	<b>2,44 (88)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>	<b>0,11 (4)</b>	<b>0,11 (4)</b>

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 1. Основы общей теории обогатительных процессов	2	5	0	24	ОПК-7 ПК-22 ПК-8
2	Раздел 2. Методы экспериментального определения фракционного состава материалов.	2	1	0	12	ОПК-7 ПК-22 ПК-8
3	Раздел 3. Модели процессов рудоподготовки.	2	0	0	4	ОПК-7 ПК-22 ПК-8
4	Раздел 4. Модели сепарационных процессов.	2	1	0	20	ОПК-7 ПК-22 ПК-8
5	Раздел 5. Модели схем обогащения.	0	0	0	18	ПК-22 ПК-8
6	Раздел 6. Оптимальное проектирование схем обогащения.	0	1	0	10	ОПК-7 ПК-8
Всего		8	8	0	88	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№	№ раздела	Наименование занятий	Объем в акад. часах
---	-----------	----------------------	---------------------

п/п	дисциплины		Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	<p>Общие представления о моделировании. Цели и задачи моделирования. Типы моделей. Модели физические и математические. Модели стохастические и детерминированные. Модели состояния и функциональные. Этапы процесса моделирования. Структура теории обогатительных процессов. Формальный язык. Цели моделирования. Объекты моделирования - аппараты, процессы, схемы. Характеристики минеральных материалов. Признак разделения, узкая фракция, элементарная фракция. Функции фракционного состава. Условия нормировки.</p>	2	0	0
2	2	<p>Минералогический анализ. Технологический анализ каждого зерна. Применение идеальных сепараторов или схем. Применение неидеальных сепараторов. Использование данных опробования действующих схем. Области применения, достоинства и недостатки различных способов.</p>	2	0	0



3	3	<p>Модели процессов с распределенными параметрами. Различия между процессами рудоподготовки и сепарации. Задачи моделирования рудоподготовки. Популяционно - балансовая модель рудоподготовки. Принцип построения популяционно - балансовой модели. Общий случай, вывод общего уравнения рудоподготовки. Модель процесса сокращения крупности. Функция относительного потока, функция отбора, функция разрушения; условия нормировки, физический смысл, типичный вид, способы и цели изменения. Частное решение уравнения Загустина - формула Розина-Раммлера. Кинетика и динамика процессов дробления и измельчения. Модель реагентной подготовки. Деформация спектра флотиремости. Качественная картина изменения спектра флотиремости при реагентной обработке. Учет разнопрочности компонентов смеси, гранулопрочностное уравнение. Моделирование раскрытия сростков. Качественная картина деформации функций фракционного состава при измельчении минеральной смеси.</p>	2	0	0
---	---	---	---	---	---

4	4	<p>Функциональные модели. Назначение функциональных моделей, их достоинства и недостатки.</p> <p>Функциональная модель сепаратора с “погрешностью”.</p> <p>Средневероятное отклонение, его связь с крутизной сепарационной характеристики.</p> <p>Модели состояния. Функции состояния, их физический смысл.</p> <p>Связь между функциями состояния через закон сохранения.</p> <p>Динамическое уравнение сепарации как условие баланса сил, действующих на частицу в рабочей зоне сепаратора. Схема решения уравнений сепарации. Вычисление сепарационной характеристики через функцию состояния.</p> <p>Силы, действующие в рабочей зоне сепаратора.</p> <p>Детерминированные силы - гравитационная, сила инерции, сила Архимеда, сила сопротивления среды, магнитная, электростатическая.</p> <p>Стохастические силы как усредненные равнодействующие силы взаимодействия частиц между собой.</p> <p>Градиентная сила (упругая сила, диффузионная сила) - ее происхождение и роль как основного источника погрешностей сепарации.</p> <p>Стохастическая сила сопротивления.</p> <p>Стохастическая сила</p>	2	0	0
---	---	--	---	---	---

Всего		2	0	0
-------	--	---	---	---

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Фракционный анализ по данным кернового опробования	2	0	0
2	1	Расчет сепарационной характеристики по экспериментальным данным	2	0	0
3	1	Расчет показателей реальной сепарации руды	1	0	0
4	2	Расчет фракционного состава по данным фракционного анализа	1	0	0
5	4	Расчет спектра флотуемости	1	0	0
6	6	Сепарационные характеристики канонических схем	1	0	0
Всего			2	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

## 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература		
Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

Л1.1	Тихонов О. Н.	Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых	Москва: Недра, 1984
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Тихонов О. Н., Назаров Ю. П.	Теория и практика комплексной переработки полезных ископаемых в странах Азии, Африки и Латинской Америки: учебное пособие	Москва: Недра, 1989

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Самостоятельная работа студентов направлена на разработку системы мероприятий по обучению и воспитанию, формирующих общеобразовательные, специальные и другие компетенции, самостоятельность мышления студентов.

Самостоятельная работа студентов является важной формой образовательного процесса и является его основой, так как основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Это предполагает ориентацию студентов на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей студентов, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности. Самостоятельная работа развивает умение учиться, формирует у студента способность к саморазвитию, творческому применению полученных знаний, способам адаптации в профессиональной деятельности.

При изучении дисциплины «Математика. Доп. главы: Моделирование обогатительных процессов» самостоятельная работа состоит из трех взаимосвязанных форм:

- изучения теоретического курса;
- подготовки к практическим занятиям;
- текущего контроля знаний.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	Сайт Minerals Engineering International, крупнейший сайт с информацией о последних событиях в отрасли и обзорами научной прессы <a href="http://www.min-eng.com/index.html">http://www.min-eng.com/index.html</a>
9.2.2	Журналы по специальности <a href="http://www.rudmet.ru/catalog/">http://www.rudmet.ru/catalog/</a>

**10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**