

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»**  
 в г. Губкине Белгородской области (ГФ НИТУ «МИСиС»)

рабочая программа утверждена  
 решением Ученого совета  
 ГФ НИТУ «МИСиС»  
 от «31» августа 2021 г.  
 протокол № 1

## Рабочая программа дисциплины

### Обогащительные процессы

Закрепленная кафедра	<b><u>Кафедра горного дела</u></b>
Направление подготовки	21.05.04 Горное дело
Специализация	Обогащение полезных ископаемых
Квалификация	<b><u>Горный инженер (специалист)</u></b>
Форма обучения	<b><u>Очная</u></b>
Общая трудоемкость	<b>14 ЗЕТ</b>

Часов по учебному плану	<u>504</u>
аудиторные занятия	<u>180</u>
самостоятельная работа	<u>288</u>
часов на контроль	<u>36</u>
Семестр(ы) изучения	<u>8,9</u>

Формы контроля  
 экзамен в 8 семестре  
 экзамен в 9 семестре  
 курсовая работа в 9 семестре

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	8		9		Итого
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	
Лекции	36	36	36	36	72
Практические	18	18	18	18	36
Лабораторные	18	18	18	18	36
Контактная работа	72	72	72	72	144
Сам. работа	126	126	180	180	306
Часы на контроль	18	18	36	36	54
Итого:	216	216	288	288	504

Год набора 2021

Программу составил:  
Казанцев Антон Александрович, доцент, к.т.н.  
Должность, уч.ст., уч.зв ФИО полностью

  
подпись

Рабочая программа дисциплины  
Обогатительные процессы

разработана в соответствии с ОС ВО:  
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования – уровень специалитета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ от «02» апреля 2021 г. № 119 о.в.)


Выпуск 3:  
от 2 апреля 2021 г. № 119 о.в.

Составлена на основании учебного плана 2021 года набора:  
21.05.04 Горное дело, Обогащение полезных ископаемых, утвержденного Ученым советом ГФ НИТУ «МИСиС» 31.08.2021 г., протокол №1.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
горного дела  
наименование кафедры

Протокол от «01» июля 2021 г. № 11

Зам. зав. кафедрой ГД

  
подпись

А.А. Казанцев  
И.О. Фамилия

«01» июля 2021 г.

Руководитель ОПОП ВО  
Зам. зав. кафедрой ГД, к.т.н.

  
подпись

А.А. Казанцев  
И.О. Фамилия

«01» июля 2021 г.

подпись

И.О. Фамилия

<b>1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ</b>	
<p><b>Цель дисциплины</b> – формирование у студентов базовых теоретических и практических знаний об основных подготовительных процессах при обогащении полезных ископаемых с целью подготовки к обогащению, необходимых для практической деятельности специалиста.</p> <p><b>Задачи дисциплины:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. овладение методами и принципами рационального и комплексного использования минеральных ресурсов;</li> <li>2. обеспечение высокой производительности труда, интенсификации технологических процессов;</li> <li>3. использование типового оборудования и строительных конструкций; изыскание наиболее экономического решения генерального плана проектируемой фабрики путем компактного размещения ее цехов;</li> <li>4. обеспечение безопасных условий труда;</li> </ol>	

<b>2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	
Часть ОПОП ВО (базовая, вариативная)	
вариативная	
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающихся</b>
2.1.1	Основы горного дела
2.1.2	Горные машины и оборудование
2.1.3	Основы обогащения полезных ископаемых
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули), практики и НИР, для которых необходимо освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее</b>
2.2.1	Проектирование обогатительных фабрик
2.2.2	Исследование руд на обогатимость
2.2.3	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 3
2.2.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 4
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.6	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

<b>3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	
ПК-4 готов выполнять подготовительные, вспомогательные и специальные виды работ при открытой и подземной разработке полезных ископаемых, а также при процессах переработки минерального сырья.	
Знать:	3-1. Основы теории разрушения и раскрытия минеральных зерен при подготовке минерального сырья к обогащению 3-2 Теоретические основы магнитных и электрических методов обогащения полезных ископаемых 3-3 Теоретические основы специальных методов обогащения полезных ископаемых 3-4 Теоретические основы флотационных методов обогащения, технологию флотационного процесса, процессы флотационного обогащения полезных ископаемых: масляную, пенную, пленочную, комбинированные и другие флотационные процессы
Уметь:	У-1 Применять знания о месте процессов дробления, грохочения и измельчения в общей структуре обогатительного передела и взаимосвязи с другими методами и процессами обогащения У-2 Применять знания о месте процессов магнитных и электрических методов применительно к конкретному полезному ископаемому У-3 Применять знания о месте процессов комбинированных и специальных методов применительно к конкретному полезному ископаемому
Владеть навыком:	Н-1 Представлением об основных научно-технических проблемах и тенденциях интенсификации процессов рудоподготовки и перспективных направлениях разработки современных циклов рудоподготовки и новых машин Н-2 Анализа устойчивости процесса магнитных и электрических методов обогащения полезных ископаемых Н-3 Анализа устойчивости процесса комбинированных и специальных методов обогащения полезных ископаемых Н-4 Анализа устойчивости технологического процесса флотационного обогащения полезных ископаемых
ПК-8 способен выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья на	

основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования	
Знать:	3-1 Теоретические основы процессов разрушения горных пород в процессе дробления и измельчения 3-2 Теоретические основы гравитационных методов обогащения 3-3 Общие принципы проектирования обогатительных фабрик с применением магнитного и электрического методов обогащения
Уметь:	У-1 Выбирать и определять оптимальные режимы ведения технологического процесса в зависимости от вещественного состава и гранулометрической характеристики полезного ископаемого У-2 Выбирать, определять и контролировать основные оптимальные режимы ведения технологического процесса У-3 Разрабатывать технологические процессы и схемы с применением магнитных и электрических методов обогащения У-4 Выбирать и определять оптимальные режимы ведения технологического процесса в зависимости от вещественного состава и гранулометрической характеристики полезного ископаемого
Владеть навыком:	Н-1 Анализа технико-экономических показателей процессов рудоподготовки на обогатительной фабрике и разработки мероприятий для улучшения этих показателей Н-2 Анализа устойчивости технологического процесса гравитационных методов обогащения полезных ископаемых Н-3 Разработки технологических комплексов магнитного и электрического методов обогащения
ПК-6 способен анализировать горно-геологическую информацию о свойствах и характеристиках минерального сырья и вмещающих пород, выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, осуществлять моделирование обогатительных процессов, составлять необходимую документацию	
Знать:	3-1 Свойства минерального сырья, зерен 3-2 Область применения гравитационных методов обогащения, основные преимущества и недостатки метода
Уметь:	У-1 Анализировать устойчивость технологического процесса и качество выпускаемой обогатительной фабрикой продукции У-2 Рассчитывать скорости движения тел в различных средах
Владеть навыком:	Н-1 Анализа устойчивости технологического процесса рудоподготовки Н-2 Оценки современного состояния различных методов обогащения полезных ископаемых и тенденций их развития на ближайшую перспективу

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Кол-во часов	Компетенции	Литература	Примечание
<b>1</b>	<b>Раздел 1 Дробление, измельчение и подготовка руд к обогащению</b>	<b>8</b>	<b>38</b>			
1.1	<b>Введение. Основы процесса грохочения</b> Дробление, измельчение и грохочение как основные процессы рудоподготовки обогатительных фабрик; их место в общей схеме обогащения полезных ископаемых. Раскрытие минеральных зерен как основа успешного обогащения. Задачи и содержание курса, его связь с другими областями знаний. Основные понятия и назначение грохочения. Виды грохочения по технологическому назначению: самостоятельное, подготовительное, вспомогательное, избирательное, обезвоживающее. Гранулометрический состав сыпучего материала, классы крупности. Средний диаметр отдельной частицы и смеси частиц. Виды грохочения по крупности материала: крупное, среднее, мелкое, тонкое.	8	1	ПК-6, 3-1 ПК-4, 3-1 ПК-8, 3-1		

	<p>Просеивающая поверхность грохотов: колосниковые решетки, листовые решета со штампованными отверстиями, резиновые решета, проволочные сетки, шпальтовые, струйные сита. Живое сечение просеивающих поверхностей, коэффициент живого сечения.</p> <p>/лекция/</p>					
1.2	<p><b>Ситовый анализ, характеристики крупности</b></p> <p>Ситовый анализ, стандартные шкалы сит. Аппараты для производства ситового анализа. Характеристики крупности сыпучего материала по частным и суммарным выходам классов крупности. Формы суммарной (кумулятивной) характеристики крупности: по «плюсу» и «минусу», полулогарифмическая, логарифмическая.</p> <p>Уравнения характеристик крупности материала (Годэна–Андреева, Розина–Раммлера). Общее понятие о седиментационном и микроскопическом анализе.</p> <p>/лекция/</p>	8	1	<p>ПК-6, 3-1 ПК-4, 3-1 ПК-8, 3-1</p>		
1.3	<p><b>Эффективность и кинетика процесса грохочения</b></p> <p>Эффективность грохочения – общая и по отдельным классам крупности. Легкие, трудные и затрудняющие зерна. Вероятность прохождения зерен через отверстия сита. Влияние на процесс грохочения различных факторов: влажности материала, формы и размера его частиц, формы отверстий и наклона просеивающей поверхности, скорости движения грохотимого материала, амплитуды и частоты колебаний короба инерционных грохотов. Последовательность выделения классов крупности: от крупного к мелкому, от мелкого к крупному, комбинированная.</p> <p>Кинетика процесса грохочения, уравнения кинетики грохочения. Зависимость эффективности грохочения от продолжительности рессева, нагрузки на грохот и гранулометрического состава грохотимого материала. Извлечение мелкого класса в подрешетный продукт. «Замельченность» надрешетного продукта.</p> <p>/лекция/</p>	8	2	<p>ПК-6, 3-1 ПК-4, 3-1 ПК-8, 3-1</p>		
1.4	<p><b>Основы процесса дробления, законы дробления</b></p> <p>Основные понятия и назначение процессов дробления. Современные представления о процессе разрушения упруго-хрупких и хрупких твердых тел под механическим воздействием. Виды механического воздействия. Физико-механические свойства горных пород: прочность, твердость, вязкость, пластичность, упругость, абразивность их значимость в процессах разрушения. Шкала крепости горных пород по М.М. Протодяконову. Структура горных пород, пористость, дефекты, трещиноватость. Образование и распространение в напряженном упруго-хрупком теле разрывающей трещины «критической» длины, как критерий возникаемого напряжения атомно-молекулярных связей в устье трещины. Физическая сущность напряжения и предельно возможная его величина.</p> <p>Законы дробления горных пород (Риттингера, Кирпичева–Кика, Ребиндера, Бонда), их сущность, достоинства и недостатки, область применения. Зависимость удельного расхода</p>	8	4	<p>ПК-8, 3-1</p>		

	<p>энергии разрушения куса или частицы твердого тела от их крупности, общее выражение для энергозатрат на сокращение крупности. Индекс работы дробления по Бонду, возможность его практического использования. Избирательность дробления, физическая основа процесса, критерии и показатели, характеризующие избирательность. Роль дефектов и трещин при разделении сростков различных минералов и их связь с показателями избирательности.</p> <p>/лекция/</p>					
1.5	<p><b>Способы и стадии дробления, технология дробления</b></p> <p>Гранулометрический состав поступающей на дробильно-сортировочную фабрику горной массы. Способы дробления. Дробление крупное, среднее и мелкое. Степень дробления, ее определение. Схемы дробления, стадийность дробления. Открытый и замкнутый циклы дробления. Работа дробилок мелкого дробления в замкнутом цикле с грохотом.</p> <p>Технологическая эффективность дробления. Энергетические показатели дробления. Циркулирующая нагрузка в циклах дробления.</p> <p>Технологические особенности дробления при переработке различного минерального сырья: руд металлических и неметаллических полезных ископаемых, угля. Эксплуатация дробильных отделений, требования карт технологического режима к конечному продукту дробления. Оптимальная крупность дробленого продукта, поступающего в последующие операции измельчения.</p> <p>/лекция/</p>	8	4	ПК-8, 3-1		
1.6	<p><b>Основы процесса измельчения</b></p> <p>Особенности разрушения минеральных частиц и зерен в процессах измельчения. Крупность исходного и конечного продуктов. Понятие «масштабного фактора» и его влияние на энергоемкость процесса измельчения в зависимости от тонины помола. Раскрытие рудных и нерудных минералов в процессе измельчения, определение параметров раскрытия, селективность измельчения, способы ее повышения. Взаимосвязь процессов измельчения и обогащения при переработке руд с различной крупностью вкрапленности минералов.</p> <p>Измельчаемость полезных ископаемых, методы ее определения</p> <p>/лекция/</p>	8	2	ПК-8, 3-1		
1.7	<p><b>Кинетика измельчения</b></p> <p>Кинетика измельчения, уравнения кинетики измельчения, значение параметров уравнения, их определение. Технологические зависимости, вытекающие из уравнения кинетики измельчения</p> <p>/лекция/</p>	8	1	ПК-8, 3-1		
1.8	<p><b>Технология измельчения</b></p> <p>Открытый и замкнутый циклы измельчения. Процесс образования и установления циркулирующей нагрузки в замкнутом цикле измельчения, взаимосвязь с производительностью мельницы. Определение циркулирующей нагрузки. Пропускная способность мельницы.</p> <p>Технологические схемы измельчения, стадийность измельчения, число стадий и их</p>	8	3	ПК-8, 3-1		

	связь с процессами обогащения. Особенности применения стержневых, шаровых и рудно-галечных мельниц в технологических схемах стадийного измельчения. Сочетание рудно-галечного измельчения с первичным рудным самоизмельчением. Классификаторы и гидроциклоны в схемах измельчения. Особенности узлов сопряжения «мельница – классификатор». Влияние эффективности классификации на производительность мельницы. Пульпа, показатели ее состава и свойств. Производительность мельниц по исходному питанию и расчетному классу, факторы, влияющие на производительность. Определение производительности мельниц. Расчет мельниц по удельной производительности. Автоматизация циклов измельчения, особенности регулирования этих циклов. Техничко-экономические показатели измельчения. Стоимость измельчения по отдельным статьям расхода. <i>/лекция/</i>					
1.9	Основные технологические показатели обогащения полезных ископаемых <i>/практика/</i>	8	1	ПК-4, У-1		
1.10	Характеристика крупности сыпучего материала. Расчет показателей уравнения Розена – Раммлера <i>/практика/</i>	8	1	ПК-4, У-1		
1.11	Технологические схемы рудоподготовки. <i>/практика/</i>	8	1	ПК-4, У-1 ПК-8, Н-1		
1.12	Расчет производительности барабанных мельниц <i>/практика/</i>	8	1	ПК-8, У-1		
1.13	Выбор и расчет барабанных мельниц <i>/практика/</i>	8	2	ПК-8, У-1		
1.14	Расчет технологической схемы, выбор оборудования для рудоподготовки <i>/практика/</i>	8	2	ПК-8, У-1		
1.15	Подготовка проб для процессов дробления и грохочения <i>/лабораторная работа/</i>	8	4	ПК-6, У-1, Н-1		
1.16	Изучение процесса дробления <i>/лабораторная работа/</i>	8	2	ПК-6, У-1, Н-1		
1.17	Изучение процесса грохочения <i>/лабораторная работа/</i>	8	2	ПК-6, У-1, Н-1		
1.18	Ситовой анализ зерен минералов <i>/лабораторная работа/</i>	8	2	ПК-6, У-1		
1.19	Контрольная работа №1 (текущий контроль) <i>/практика/</i>	8	2	ПК-6, У-1, Н-1		
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Гравитационные методы обогащения</b>	<b>8</b>	<b>34</b>			
2.1	<b>Введение. Основные понятия о гравитационных методах обогащения</b> Характеристика гравитационных методов обогащения и их классификация. Характеристика свойств минералов и сред, используемых при гравитационном обогащении. Разделительные признаки. Реологические свойства разделительных сред и методы их определения. Фракционный анализ. Расчет фракционного состава продуктов обогащения. <i>/лекция/</i>	8	1	ПК-6, 3-2		
2.2	<b>Теоретические основы гравитационных методов.</b> Свободное падение тел. Движение твердого тела в среде. Виды сопротивлений среды. Турбулентный и ламинарный режим движения.	8	2	ПК-8, 3-2		

	<p>Уравнения динамического равновесия. Основные законы движения частиц. Общее выражение конечной скорости падения сферического тела. Методы определения конечной скорости по параметру Лященко. Отклонение в скорости движения для минеральных частиц неправильной формы. Коэффициент сферичности минеральных частиц.</p> <p>Равнопадаемость тел в среде и коэффициент равнопадаемости. Путь, пройденный телом, до достижения конечной скорости. Скорость и направление движения в восходящей и нисходящей средах.</p> <p>Стесненное движение минеральных частиц. Сопротивление среды при стесненном движении. Скорость стесненного движения. Взвешивание минеральных частиц в восходящей струе. Структура взвешенного слоя. Коэффициент разрыхления. Относительная плотность взвеси. Понятие о критической скорости. Равнопадаемость в условиях стесненного движения частиц</p> <p><b>/лекция/</b></p>					
2.3	<p><b>Гидравлическая классификация</b></p> <p>Характеристика процесса и области применения гидравлической классификации. Способы гидравлической классификации. Разделение минеральных частиц по скорости падения. Роль крупности и плотности зерен. Эффективность классификации. Седиментационный анализ. Классификация в механических классификаторах. Принцип действия. Назначение и типы механических классификаторов – конусных, корытных и камерных. Гидравлическая классификация в условиях свободного и стесненного движения. Конструкции гидравлических классификаторов. Примеры применения гидравлической классификации и технико-экономические показатели. Классификация в поле действия центробежной силы. Гидроциклоны как классифицирующие аппараты. Принципы действия. Область применения. Теория движений жидкости и частиц в гидроциклоне. Эффективность классификации в гидроциклонах. Основные факторы, влияющие на работу гидроциклонов. Техничко-экономическое сопоставление работы гидроциклона с другими классификаторами. Схемы классификации с применением гидроциклонов. Схемы установки гидроциклонов. Технологический расчет и выбор гидроциклонов.</p> <p><b>/лекция/</b></p>	8	3	ПК-8, 3-2 ПК-6, 3-2		
2.4	<p><b>Обогащение в тяжелых средах</b></p> <p>Среды для разделения зерен по плотности. Реологические свойства – плотность, вязкость, напряжение сдвига и устойчивость суспензий. Закономерности движения минеральных частиц в суспензиях. Конструкция и области применения различных сепараторов. Подготовка сырья для обогащения в тяжелых суспензиях. Принципиальная схема обогащения в тяжелых суспензиях. Приготовление и регенерация суспензий. Техничко-экономические показатели процесса. Интенсификация процесса разделения в тяжелых средах. Тяжелосредное обогащение в</p>	8	2	ПК-8, 3-2 ПК-6, 3-2		



	центробежных аппаратах, использование тяжелых жидкостей. /лекция/					
2.5	<p><b>Отсадка</b></p> <p>Характеристика процесса обогащения зернистых материалов в вертикальной струе и область его применения. Физические основы отсадки и элементы гидродинамических закономерностей. Отсадка в струе переменного направления и в восходящей струе. Свойства минеральной постели и взвешенного слоя минеральных частиц. Современные представления о механизме действия минеральной постели при расслоении частиц. Циклы отсадки. Длина хода и частота качаний поршня. Диафрагмы при отсадке. Теоретическая схема движения частиц в процессе отсадки. Режимы работы отсадочных машин, типы конструкций и области их применения. Подготовка материала к отсадке. Отсадка классифицированного и неклассифицированного материала, отсадка тонкого материала. Типичные схемы применения отсадки и технико-экономические показатели. Расчет и выбор отсадочных машин.</p> <p>/лекция/</p>	8	2	ПК-8, 3-2 ПК-6, 3-2		
2.6	<p><b>Обогащение в потоках текущих по наклонной поверхности</b></p> <p>Движение потоков воды по наклонной поверхности. Особенности движения минеральных частиц в наклонной струе воды. Турбулентность потоков и возникновение взвешивающей вертикально составляющей скорости. Подъемная сила потоков. Закономерности движения частиц в потоке. Классификация аппаратов и область их применения. Характеристика процессов обогащения на концентрационных столах. Теоретические основы расслоения взвесей на столах. Роль нарифлений. Факторы, влияющие на работу столов и регулирование процесса разделения. Типы столов. Выбор и расчет концентрационных столов. Техничко-экономические данные обогащения на столах в сравнении с другими аппаратами. Особенности работы шламовых столов. Теоретические основы процесса концентрации на шлюзах. Устройство шлюзов. Роль минеральной постели в шлюзовом процессе. Факторы, влияющие на работу шлюзов. Требования к подготовке материала для обогащения на шлюзах. Практика применения шлюзов. Техничко-экономические показатели. Особенности применения и конструкции шлюзов для обогащения шламов. Теория процессов обогащения на винтовых сепараторах и винтовых шлюзах. Особенности движения потока и расслоения минеральных взвесей на винтовых сепараторах. Принцип работы, типы винтовых сепараторов и шлюзов. Подготовка исходного материала. Факторы, влияющие на работу винтовых сепараторов. Производительность аппаратов, схемы применения винтовых шлюзов и сепараторов. Техничко-экономические данные по обогащению руд и песков на винтовых сепараторах и других аппаратах.</p>	8	4	ПК-8, 3-2 ПК-6, 3-2		

	Особенности расслоения зернистых материалов в струйных аппаратах. Принцип действия, типы и устройство струйных концентраторов. Подготовка материала для обогащения. Факторы, влияющие на работу концентраторов. Области применения и практика работы. Техничко-экономические показатели <i>/лекция/</i>					
2.7	<b>Специальные виды гравитационного обогащения</b> Центробежные, вибрационные, крутонаклонные и шнековые сепараторы. Теоретические особенности процессов разделения в них. Конструкции. Условия работы. Показатели. Подготовка материала. Области применения. Особенности гравитационного разделения в воздушной среде. Принцип действия, устройство пневматических отсадочных машин и сепараторов. Факторы, влияющие на их работу. Подготовка материала. Область применения пневматической концентрации. Техничко-экономические показатели. Аэросуспензионное обогащение. Характеристика процесса дезинтеграции и промывки, области применения. Физические свойства глин и других материалов, поступающих на промывку. Классификация промывочных машин, типы и конструкции. Установка и эксплуатация промывочных машин. Схемы промывки. Техничко-экономические показатели. Направления по интенсификации процессов дезинтеграции <i>/лекция/</i>	8	2	ПК-8, 3-2 ПК-6, 3-2		
2.8	<b>Технологические схемы и организация производства на гравитационных обогатительных фабриках</b> Общие принципы построения схем. Подготовка полезных ископаемых для обогащения гравитационными методами. Условия применения различных гравитационных процессов и технологических схем в зависимости от текстурных и структурных особенностей руды. Комбинированные схемы с применением гравитационного обогащения. Технология и аппаратура для глубокого гравитационного обогащения тонкоизмельченных руд, шламов и хвостов. Типовые схемы гравитационного обогащения руд, углей и песков. Элементы организации производства и техники безопасности в гравитационных цехах обогатительных фабрик. Использование оборотных вод при гравитационном обогащении. Перспективы развития гравитационного обогащения и вопросы охраны окружающей среды. <i>/лекция/</i>	8	2	ПК-8, 3-2 ПК-6, 3-2		
2.9	Расчет плотности и состава сростков минеральных частиц по их плотности. Расчет параметров разделительной суспензии. <i>/практика/</i>	8	1	ПК-8, У-2		
2.10	Расчет конечной скорости свободного падения частиц в виде шара и ее диаметра по известной конечной скорости свободного падения <i>/практика/</i>	8	1	ПК-6, У-2		
2.11	Расчет конечной скорости стесненного падения единичных частиц в виде шара в ограниченном пространстве. Расчет конечной скорости стесненного падения частиц однородной	8	1	ПК-6, У-2		

	крупности при их различной объемной концентрации <b>/практика/</b>					
2.12	Расчет коэффициента равнопадаемости различными способами <b>/практика/</b>	8	1	ПК-6, У-2		
2.13	Технологический расчет гидроциклонов. Расчет эффективности классификации в механических классификаторах и гидроциклонах <b>/практика/</b>	8	2	ПК-8, У-2		
2.14	Изучение процесса обогащения на концентрационном столе <b>/лабораторная работа/</b>	8	2	ПК-6, Н-2 ПК-8, Н-2		
2.15	Изучение процессов обогащения на отсадочной машине ОТ-52 <b>/лабораторная работа/</b>	8	2	ПК-6, Н-2 ПК-8, Н-2		
2.16	Изучение процессов обогащения на сепараторах <b>/лабораторная работа/</b>	8	2	ПК-6, Н-2 ПК-8, Н-2		
2.17	Изучение конструкции гидроциклона <b>/лабораторная работа/</b>	8	2	ПК-6, Н-2 ПК-8, Н-2		
2.18	Контрольная работа №2 (текущий контроль) <b>/практика/</b>	8	2	ПК-6, У-2 ПК-8, У-2		
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Магнитные и электрические методы обогащения</b>	<b>9</b>	<b>24</b>			
3.1	<b>Введение. Физические основы магнитной и электрической сепарации.</b> Цель и содержание раздела. Терминология. Область применения процессов, относящихся к магнитным, электрическим и специальным методам обогащения. Краткая история. Роль российских и советских ученых в развитии этих методов. Значение для решения практических задач. Принципы разделения минералов по магнитным и электрическим свойствам, разделительные признаки в магнитных и электрических полях. Принципиальное устройство магнитных и электрических сепараторов.	9	1	ПК-4, 3-2		
3.2	<b>Характеристика магнитных полей и систем</b> Разделение минеральных частиц в магнитном поле. Сухое и мокрое магнитное обогащение Обогащение слабомагнитных руд Характеристики магнитных полей	9	1	ПК-4, 3-2		
3.3	<b>Магнитные свойства руд и минералов</b> Магнитная восприимчивость. Магнитный гистерезис и его роль при магнитном обогащении. Условия разделения минералов в магнитном поле, точность (чувствительность) разделения, равнопритягиваемые зерна, коэффициент равнопритягиваемости. Методика определения магнитной восприимчивости, напряженности и силы магнитного поля. Характеристика постоянных магнитов по остаточной намагниченности (В) и величине коэрцитивной силы (Н). Изменение этих величин за счет варьирования состава сплавов. Методы расчета показателей обогащения по результатам магнитного анализа руды.	9	2	ПК-4, 3-2		
3.4	<b>Практика работы фабрик, перспектива развития магнитных методов обогащения</b> Определение оптимальной производительности, проверочные расчеты шага полюсов, скорости барабанов сепараторов. Типовые технологические схемы обогащения сильно- и слабомагнитных руд черных металлов, редких металлов, керамического	9	2	ПК-4, 3-2		

	сырья, абразивных материалов. Регенерация суспензии с ферромагнитными утяжелителями. Основные направления развития техники и технологии обогащения в увеличении глубины измельчения при стадийном удалении немагнитного продукта из процесса.					
3.5	<b>Физические основы электрических методов обогащения</b> Теоретические основы метода. Классификация минералов по электрическим свойствам (электропроводность). Условия распределения минералов при электрическом обогащении, область применения. Влияние различных факторов на электрические свойства минералов (температура, влага, соли, шламы, реагенты и т.д.). Особенности динамики движения частиц в электрическом поле от способа зарядки частиц, явление обратимости. Классификация процессов электрического обогащения по характеристике электрического поля и по способу получения частицами заряда сепарации (коронный, комбинированный, диэлектрический, трибоэлектростатический, трибоадгезионный).	9	4	ПК-4, 3-2		
3.6	Физические основы сепарации в магнитных полях. <b>/практика/</b>	9	1	ПК-4, У-2		
3.7	Магнитные свойства руд, их классификация и связь со строением и подготовкой к сепарации <b>/практика/</b>	9	1	ПК-4, У-2 ПК-8, У-2		
3.8	Свойства электропроводности руд, их классификация и связь со строением и подготовкой к сепарации <b>/практика/</b>	9	1	ПК-4, У-2		
3.9	Практика магнитного и электрического обогащения <b>/практика/</b>	9	1	ПК-4, У-2 ПК-8, У-3		
3.10	Подготовка руды перед магнитным обогащением <b>/лабораторная работа/</b>	9	2	ПК-4, У-2, Н-2		
3.11	Подготовка руды перед электрическим обогащением <b>/лабораторная работа/</b>	9	2	ПК-4, У-2, Н-2		
3.12	Изучение процессов обогащения на магнитном сепараторе <b>/лабораторная работа/</b>	9	2	ПК-4, Н-2		
3.13	Изучение процессов обогащения на электрическом сепараторе <b>/лабораторная работа/</b>	9	2	ПК-4, Н-2		
3.14	Изучение процессов обогащения на электромагнитном разделителе <b>/лабораторная работа/</b>	9	2	ПК-4, Н-2		
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Специальные и комбинированные методы обогащения</b>	<b>9</b>	<b>21</b>			
4.1	<b>Введение.</b> Предмет и содержание раздела. Основные сведения о специальных и комбинированных методах обогащения, область их применения, роль и значение в переработке минерального сырья	9	1	ПК-4, 3-3		
4.2	<b>Обогащение по смачиванию</b> Флотогравитация. Теоретические основы метода. Область применения. Оборудование. Практика использования процесса. Схемы обогащения. Основные реагенты, используемые в процессе флотогравитации. Техно-экономические показатели процесса.	9	1	ПК-4, 3-3		

	<p>Обогащение на липких поверхностях. Сущность и теоретические основы метода. Область применения. Оборудование. Характеристика липких составов и требования к ним. Техничко-экономические показатели процесса.</p>					
4.3	<p><b>Сортировка руд</b>  Ручная сортировка по внешним признакам. Сущность метода. Область применения. Оборудование рабочих мест, производительность процесса. Техничко-экономические показатели процесса. Механизированная сортировка. Радиометрическое обогащение. Общая характеристика метода. Использование метода радиометрического обогащения для предварительного разделения полезных ископаемых на отдельные технологические типы, для предварительного обогащения крупнокускового материала, для получения крупнокусковых концентратов и для доводки концентратов. Основные факторы, влияющие на показатели радиометрического обогащения. Радиометрическое обогащение радиоактивных руд. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных полезных ископаемых. Общие принципы и классификация методов, область их применения. Фотоэлектронный, гамма-адсорбционный, рентгенолюминесцентный, фотометрический и другие методы. Вопросы техники безопасности и охраны труда. Техничко-экономические показатели процесса</p>	9	1	ПК-4, 3-3		
4.4	<p><b>Обогащение минералов по форме, различию в трении, твердости, упругости, термическое обогащение, декрипитация.</b>  Сущность каждого метода, их общая характеристика, применяемая аппаратура. Область применения каждого метода и практика использования. Техничко-экономические показатели.</p>	9	1	ПК-4, 3-3		
4.5	<p><b>Комбинированные методы обогащения и переработки полезных ископаемых</b>  Химическое обогащение руд. Теоретические основы селективного растворения минералов. Современные теории растворимости, механизм растворения минералов, кинетика процесса растворения. Термодинамические и кинетические предпосылки избирательного выщелачивания и разложения минералов. Методы и схемы обогащения руд, основанные на селективном выщелачивании или разложении минералов. Кислотное и щелочное выщелачивание. Выщелачивание карбонатов, силикатов, алюмосиликатов. Выщелачивание фосфатов и утилизация фосфора. Техничко-экономические показатели химического обогащения. Термохимические методы избирательного разложения и превращения минералов при обогащении руд. Обжиг карбонатных руд с последующим удалением известковой суспензии. Термохимическая обработка железных и других руд перед механическим обогащением. Доводка и переработка концентратов. Гидрометаллургическая, пирометаллургическая, пирогидрометаллургическая. Переработка коллективных флотационных концентратов.</p>	9	4	ПК-4, 3-3		

	<p>Переработка медно-цинковых концентратов. Сульфидизирующий обжиг и выщелачивание. Автоклавный процесс. Вакуумный процесс. Переработка медно-свинцово-цинковых концентратов: сульфидизирующий обжиг и выщелачивание, автоклавный процесс, хлоридовозгонка, гидрометаллургический процесс. Переработка свинцово-цинковых концентратов: автоклавный и гидрометаллургический процесс. Переработка цинковых, медно-молибденовых, ртутно-сурьмяных, кальцито-шеелитовых, бедных ниобиевых, бериллиевых, бедных окисленных молибденовых концентратов.</p> <p>Переработка промежуточных продуктов обогащения с разложением основного ценного минерала. Выщелачивание ценных минералов, осаждение химических концентратов, экстракция и сорбция ценных элементов из растворов и пульп. Переработка полиметаллических и молибденовых промежуточных продуктов.</p> <p>Металлурго-флотационные схемы обогащения. Гидрометаллурго-флотационное обогащение. Переработка ураново-медных и ураново-пиритных руд. Пирометаллурго-флотационное обогащение. Окислительный обжиг.</p> <p>Разделение медно-молибденовых и молибдено-висмутовых концентратов. Разделение фосфорита и кальцита. Отделение шеелита, апатита, барита от кальцита. Сульфидизирующий обжиг, восстановительный обжиг, хлорирующий обжиг.</p> <p>Экономика комбинированных методов обогащения и переработки полезных ископаемых. Охрана окружающей среды.</p>					
4.6	<p><b>Бактериальное выщелачивание цветных и редких металлов</b></p> <p>Использование микроорганизмов в промышленности для выщелачивания цветных и редких металлов из руд, для выщелачивания марганцевых руд и шламов.</p> <p>Теоретические основы применения микроорганизмов при выщелачивании металлов. Основные типы микроорганизмов, применяемых при выщелачивании металлов. Факторы, влияющие на жизнедеятельность и активность тионовых микроорганизмов. Взаимодействие тионовых бактерий с поверхностью сульфидных минералов при выщелачивании. Физические, химические и биологические методы интенсификации деятельности бактерий.</p> <p>Технология бактериально-химического выщелачивания цветных металлов из отвалов и куч. Подготовка и устройство отвалов и куч для бактериально-химического выщелачивания. Способы орошения отвалов и куч. Циркуляция растворов. Методы извлечения меди из растворов после выщелачивания. Практика выщелачивания меди из отвалов и куч. Кучное выщелачивание золота и урана.</p> <p>Технология подземного бактериально-химического выщелачивания меди и урана.</p> <p>Технология чанового процесса бактериального выщелачивания. Общие сведения.</p> <p>Технологические схемы бактериального выщелачивания мышьяка из упорных мышьяксодержащих концентратов. Подготовка,</p>	9	4	ПК-4, 3-3, У-3		

	переработка, регенерация бактериальных растворов и их использование. Технология чанового процесса бактериального выщелачивания коллективных концентратов цветных металлов. Схемы переработки золотомышьяковистых концентратов с применением бактериального выщелачивания и цианирования. Применение гетеротропных микроорганизмов для выщелачивания и осаждения золота. Обогащение низкосортных бокситов с помощью бактерий. Экономика процесса бактериального выщелачивания					
4.7	Основы обогащения в специальных и комбинированных полях. /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.8	Классификация руд для рудоразборки, подготовка руд к сортировке /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.9	Виды взаимодействия кусков разделяемых компонентов с рабочей поверхностью сепаратора /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.10	Виды обогащения на основе избирательного изменения размеров кусков разделяемых компонентов /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.11	Классификация минералов по растворимости, виды химического обогащения /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.12	Бактериальное и химическое выщелачивание /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.13	Термическое обогащение /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.14	Гидрометаллургические процессы /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
4.15	Флотогравитация /практика/	9	1	ПК-4, У-3, Н-3		
<b>5</b>	<b>Раздел 5. Флотационные методы обогащения</b>	<b>9</b>	<b>27</b>			
5.1	<b>Введение.</b> Содержание раздела, его задачи и значение. Сущность, главные особенности и классификация флотационных процессов. Значение флотационных методов обогащения в решении народно-хозяйственных задач и экономических проблем использования минеральных ресурсов, повышении комплексности использования полезных ископаемых. Роль ученых России в развитии теории, экологически чистой технологии и техники флотационного обогащения.	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.2	<b>Теоретические основы процесса флотации, элементарный акт флотации</b> <b>Термодинамика элементарного акта флотации</b> Краткая характеристика раздела фаз, участвующих в элементарном акте флотации. Свойства поверхности раздела «вода–воздух». Свойства поверхности раздела «минерал–вода». Красовой угол смачивания при соприкосновении твердой, жидкой и газообразной фаз. Термодинамический анализ возможности элементарного акта флотации. Показатель флотируемости. Влияние пузырьков газа, выделяющихся из раствора, на показатель флотируемости. Показатель флотируемости при коалесцентном механизме элементарного акта флотации. Влияние гистерезиса смачивания на	9	1	ПК-4, 3-4		

	значение краевого угла и показатель флотуемости. Изменение энергии прослой воды между пузырьком и частицей при элементарном акте флотации.					
5.3	<b>Физические основы пленочной флотации</b> Условие равновесия частицы на плоской поверхности раздела «газ–жидкость». Факторы, влияющие на процесс пленочной флотации	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.4	<b>Физические основы пенной флотации</b> Факторы, определяющие вероятность минерализации пузырьков и пенной флотации частиц. Вероятность столкновения частицы с пузырьком. Вероятность закрепления частицы на пузырьке. Вероятность сохранения закрепившихся на пузырьке частиц. Вероятность удержания частиц в слое пены. Необходимый размер пузырьков при флотации. Кинетика и скорость флотации. Кинетические модели процесса флотации. Перспективы использования кинетических закономерностей в системах автоматического управления флотацией с применением ЭВМ.	9	1	ПК-4, 3-4		
5.5	<b>Физические основы пенной сепарации</b> Принцип пенной сепарации и особенности процесса. Несущая способность пенного слоя при погружении в него частицы. Характеристика сил, действующих на частицу в пенном слое. Требования к технологическим параметрам и реагентам при пенной сепарации крупных и мелких зерен.	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.6	<b>Повышение эффективности флотации зерен граничной крупности</b> Влияние аэрогидродинамических условий на флотуемость зерен граничной крупности. Условия повышения крупности флотируемых зерен и эффективности флотации тонких частиц.	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.7	<b>Флотационные реагенты Назначение и общая характеристика флотационных реагентов</b> Назначение и классификация флотационных реагентов требования, предъявляемые к ним. Состояние флотационных реагентов в жидкой фазе пульпы в зависимости от их концентрации, значения pH и окислительно-восстановительного потенциала пульпы. Адсорбция реагентов на поверхности раздела «жидкость–газ». Адсорбция реагентов на поверхности раздела «минерал–раствор».	9	1	ПК-4, 3-4		
5.8	<b>Влияние основных факторов на состояние поверхности минералов в отсутствие собирателей</b> Влияние pH и окислительно-восстановительного потенциала пульпы на состояние поверхности минералов. Влияние изоморфизма, электрофизических свойств и кристаллохимического строения минералов на состояние их поверхности. Взаимное влияние минералов.	9	1	ПК-4, 3-4		
5.9	<b>Собиратели и механизм их действия при флотации</b> Строение молекул и классификация собирателей. Условия закрепления собирателя на минеральной поверхности. Влияние длины аполярной цепи собирателя на прочность его закрепления. Механизм действия и область применения аполярных собирателей, гетерополярных собирателей с неопределенным химическим составом, катионных,	9	1	ПК-4, 3-4		



	оксигидрильных и сульфгидрильных собирателей; гетерополярных неионогенных собирателей. Расход и стоимость собирателей. Роль форм сорбции собирателя при флотации					
5.10	<b>Активаторы и механизм их действия</b> Назначение и основные механизмы действия реагентов-активаторов. Активирующее действие реагентов путем химической очистки поверхности минералов. Активирующее действие реагентов путем хемосорбции ионов поверхности минералов. Активирующее действие реагентов путем гетерогенной химической реакции.	9	1	ПК-4, 3-4		
5.11	<b>Депрессоры и механизм их действия при флотации</b> Назначение и основные механизмы действия реагентов-депрессоров. Существующие представления о депрессирующем действии щелочных реагентов, сульфидов щелочных металлов, цианидов, кислот. Депрессирующее действие солей щелочных, щелочноземельных металлов и алюминия. Депрессирующее действие хроматов, бихроматов, фосфатов, ферри- и ферроцианидов. Депрессирующее действие цинкового купороса и его сочетаний с другими реагентами. Депрессирующее действие сульфоксидных соединений и их сочетаний с другими реагентами. Депрессирующее действие жидкого стекла. Депрессирующее действие органических реагентов. Расход и стоимость депрессоров.	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.12	<b>Регуляторы среды и механизм их действия при флотации</b> Назначение и основные механизмы действия регуляторов среды: регулирование pH пульпы; удаление из жидкой фазы пульпы нежелательных ионов; регулирование окислительно-восстановительного потенциала пульпы; регулирование процессов диспергации и коагуляции шламов. Реагенты-регуляторы, применяемые на практике, их расход и стоимость.	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.13	<b>Пенообразователи и механизм действия</b> Строение и физико-химические свойства и классификация пенообразователей. Роль и механизм действия пенообразователей. Стабилизация и гашение пены флотирующимися частицами. Вторичная концентрация минералов в пене. Пенообразователи, применяемые на практике, их расход и стоимость.	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.14	<b>Технология флотационного процесса. Основные характеристики вещественного состава полезных ископаемых и их влияние на флотацию</b> Влияние содержания ценных компонентов, минералогического состава, вторичных изменений минералов и генезиса руд на результаты флотации. Характер вкрапленности и необходимая крупность измельчения при флотации. Управление качеством полезных ископаемых, поступающих на флотационное обогащение.	9	0,5	ПК-4, 3-4		
5.15	<b>Схемы флотации. Режимы флотации</b> Классификация операций флотации и стадийность схем флотационного обогащения. Схемы с отдельной обработкой и флотацией песков и шламов. Схемы коллективной и селективной флотации. Комбинированные схемы.	9	3	ПК-4, 3-4		

	<p>Классификация минералов по флотуемости. Технологические режимы при флотации руд, содержащих минералы с высокой естественной гидрофобностью. Технологические режимы при селективной флотации сульфидных, медных, медно-молибденовых, медно-цинково-пиритных, медно-никелевых, полиметаллических, ртутных, сурьмяных, мышьяковых руд и самородных металлов. Технологические режимы селективной флотации при переработке окисленных и смешанных руд цветных металлов, баритовых, флюоритовых, апатитовых, фосфоритовых, монацитовых, шеелитовых и вольфрамитовых руд. Технологические режимы селективной флотации при извлечении окислов железа, хрома, марганца из руд; минералов титана и циркония из руд и россыпей. Флотация тантало-ниобиевых, оловянных, урановых руд и бокситов. Технологические режимы флотации полевых шпатов, бериллиевых и литиевых руд, алюминий содержащих силикатов. Технологические режимы при селективной флотации растворимых солей. Ионная флотация. Анализ конкурирующих технологических режимов селективной флотации с учетом расходных коэффициентов, продолжительности флотации, технологических показателей. Направления совершенствования режимов флотации. Экономическое значение оптимизации, интенсификации и автоматизации флотационного процесса.</p>					
5.16	<p><b>Кондиционирование пульп и оборотных вод перед флотацией</b>  Назначение операций кондиционирования. Кондиционирование пульпы с растворимыми собирателями и модификаторами. Кондиционирование с целью десорбции собирателя с поверхности разделяемых минералов; перераспределения собирателя на поверхности разделяемых минералов; удаления загрязняющих минеральных примесей с поверхности минералов. Кондиционирование флотационных пульп с газами. Кондиционирование ионного состава промышленных и оборотных вод.</p>	9	1	ПК-4, 3-4		
5.17	<p>Расчет кинетических и термодинамических параметров флотации  <b>/практика/</b></p>	9	1	ПК-8, У-4		
5.18	<p>Расчет качественно-количественных и водно-шламовых схем  <b>/практика/</b></p>	9	1	ПК-8, У-4		
5.19	<p>Расчет производительности флотомашин  <b>/практика/</b></p>	9	1	ПК-8, У-4		
5.20	<p>Расчет и выбор флотомашин  <b>/практика/</b></p>	9	1	ПК-8, У-4		
5.21	<p>Расчет и выбор вспомогательного оборудования  <b>/практика/</b></p>	9	1	ПК-8, У-4		
5.22	<p>Подготовка руды перед флотационным обогащением  <b>/лабораторная работа/</b></p>	9	2	ПК-4, Н-4		
5.23	<p>Изучение процессов обогащения на флотационной машине  <b>/лабораторная работа/</b></p>	9	6	ПК-4, Н-4 ПК-8, У-4		
<b>6</b>	<b>Самостоятельная работа студента</b>	<b>8,9</b>	<b>306</b>			
6.1	<p>Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам курса, указанным в разделе 4 РПД.</p>	8	72	ПК-4, 3-1 ПК-8, 3-1 ПК-6, 3-1		

6.2	<p>Темы для самостоятельной проработки:</p> <p><b>Раздел 1</b></p> <p>1. Назначение операций грохочения. Определение эффективности грохочения, живого сечения просеивающей поверхности.</p> <p>2. Физические и физико-механические свойства горных пород, влияющие на процесс рудоподготовки. Методы и способы определения этих свойств.</p> <p>3. Основные понятия о полезной, потребляемой и установочной мощностью мельниц. Характеристика оборудования для измельчения, построение схем, расчет и выбор.</p> <p><b>Раздел 2.</b></p> <p>1. Свободное и стесненное падение тел. Равнопадаемость.</p> <p>2. Закономерности обогащения в тяжелых средах. Отсадка.</p> <p>3. Понятие о разделительной среде и критериях разделения.</p>	8	72	ПК-4, 3-1 ПК-8, 3-1 ПК-6, 3-1		
6.3	Выполнение домашнего задания (по вариантам)	8	36	ПК-4, У-1, Н-1 ПК-8, У-1, Н-1 ПК-6, У-1, Н-1		
6.4	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам курса, указанным в разделе 4 РПД.	9	36	ПК-4, 3-2, 3-3, 3-4		
6.5	<p>Темы для самостоятельной проработки:</p> <p><b>Раздел 3.</b></p> <p>1. Способы разделения минеральных частиц по магнитным и электрическим свойствам. Зависимость эффективности сепарации от состава и свойств разделяемых минералов.</p> <p>2. Расчет эффективности разделения в магнитных, электрических и комбинированных полях.</p> <p>3. Закономерности обогащения в электрических полях и полях коронного разряда.</p> <p><b>Раздел 4.</b></p> <p>1. Способы разделения минеральных частиц по комбинации их свойств. Зависимость эффективности разделения от состава и свойств разделяемых минералов.</p> <p>2. Закономерности обогащения с применением выщелачивания химического и бактериального.</p> <p>3. Закономерности гидрометаллургического обогащения.</p> <p><b>Раздел 5.</b></p> <p>1. Классификация флотационных процессов. Классификация флотационных реагентов.</p> <p>2. Разделительные признаки при флотации. Характеристика разделительных сред при флотации. Смачиваемость, краевой угол смачиваемости.</p> <p>3. Пенная флотация. Построение кинетических кривых.</p>	9	36	ПК-4, 3-2, 3-3, 3-4		
6.6	Выполнение курсовой работы	9	54	ПК-4 У-1, У-2, У-3; ПК-8, У-1, У-2, У-3, У-4 ПК-6, У-1, Н-2		
3	<b>Контроль</b>	<b>8,9</b>	<b>54</b>			

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к текущей аттестации

#### Вопросы для оценки знаний

1. Какие операции при обогащении полезных ископаемых называются подготовительными?
  2. Как оценить размер минеральной частицы?
  3. Какие вы знаете, способы определения среднего размера частиц минеральной смеси?
  4. Как строятся кривые гранулометрического состава продукта?
  5. Какие формулы применяются для описания характеристики крупности материала?
  6. Назначение операции грохочения в процессе подготовки полезных ископаемых к обогащению?
  7. Что такое эффективность грохочения и как ее определить?
  8. Какие грохоты применяются для грохочения тяжелых, средних и легких материалов?
  9. Основные правила эксплуатации грохотов.
  10. Что такое раскрытие минерала, от каких свойств горной породы оно зависит?
  11. Как оценивается дробимость полезных ископаемых?
  12. Что называется степенью дробления, каких величин она достигает на современном оборудовании?
  13. Конструкция щековых дробилок, их основные технологические характеристики.
  14. Конструкции конусных дробилок. Чем отличаются конструкции дробилок крупного дробления от дробилок среднего и мелкого дробления?
  15. Для дробления каких пород применяются валковые, зубчатые, молотковые и другие конструкции дробилок?
  16. Что такое стадия дробления, степень дробления?
  17. От чего зависит число стадий дробления в схеме рудоподготовки?
  18. Как определяется целесообразность применения операций грохочения в схеме рудоподготовки?
  19. Что дает применение замкнутого цикла дробления?
  20. Как определить режим работы корпуса дробления?
  21. Каков механизм процесса измельчения?
  22. Что такое измельчаемость материала, способы ее определения?
  23. Принцип работы и конструкции барабанных мельниц.
  24. Какие существуют режимы работы мельниц?
  25. В чем разница между полезной, потребляемой и установленной мощностью мельницы?
  26. От чего зависит производительность мельниц?
  27. Какие существуют схемы измельчения минерального сырья?
  28. Оптимальная крупность питания стержневых, шаровых мельниц и мельниц самоизмельчения?
  29. В чем заключается влияние циркуляционной нагрузки на эффективность измельчения?
  30. В чем сущность принципа подобия при расчете схем измельчения и выборе оборудования для них?
- 
1. На каких принципах основаны гравитационные процессы обогащения? В каких средах производится гравитационное обогащение?
  2. В каких отраслях промышленности и для каких полезных ископаемых применяются гравитационные процессы?
  3. В чем сущность различных видов сопротивления среды падающему в ней телу? Дайте определение коэффициента сопротивления среды. В чем он выражается?
  4. Область применения формул Риттингера, Аллена и Стокса по определению конечной скорости падения?
  5. В чем заключается метод определения конечной скорости падения (по Лященко)?
  6. Как влияют форма частиц и температура среды на скорость их падения?
  7. Как найти коэффициент равнопадаемости? Каков порядок производства седиментационного анализа?
  8. Какие факторы влияют на эффективность гидравлической классификации?
  9. По каким признакам производится группировка машин и аппаратов для гидравлической классификации?
  10. Как устроен четырех секционный гидравлический классификатор и от чего зависит эффективность его работы?
  11. По какому принципу работают песковые и шламовые конические классификаторы?
  12. Как устроены механические классификаторы с одной и двумя не погруженными и погруженными спиралями? Как рассчитывается производительность спиральных классификаторов по сливу и пескам?
  13. Как устроены одинарные и батарейные гидроциклоны? Как рассчитывается производительность

гидроциклонов? Как регулируют их работу?

14. Какие силы действуют на минеральное зерно в потоке, текущем по наклонной плоскости? Как найти скорость движения частиц в таком потоке? По каким признакам производится классификация машин и аппаратов для обогащения в потоке воды, текущем по наклонной плоскости?

15. Как устроены шлюзы и подшлюзки? Как найти основные параметры их работы? Как рассчитать производительность и частоту съема шлихов? Как устроены моечные желоба?

16. Каковы конструкции и принцип действия неподвижных и ленточных столов? Устройство и принцип действия однодечных и многодечных сотрясательных столов.

17. Устройство, принцип действия и область применения винтовых сепараторов, струйных, вибрационных и центробежных концентраторов.

18. Для каких полезных ископаемых применяются процессы промывки и протирки? Как классифицируются руды по степени промывистости? Дайте определение пластичности и числа пластичности?

19. Каковы принцип действия, устройство и область применения корытных моек, скруббера-бутары, скрубберов и промывочных барабанных грохотов?

20. В чем разница между способами разделения минеральных зерен в водной и воздушной средах? Как определяются скорость падения минеральных зерен в воздушной среде и коэффициент равнопадаемости?

21. Устройство пневматических отсадочных машин и область их применения.

22. Разберите типовые схемы гравитационного обогащения различных полезных ископаемых, укажите область их, применения.

23. Перспективы развития теории и практики гравитационных процессов обогащения в России, странах СНГ и за рубежом.

#### **Вопросы для оценки умений и навыков**

1. Перечислите основные методы обогащения и укажите, какие физико-химические свойства лежат в основе этих методов разделения.

2. Какие физические и физико-химические различия свойств минералов используют для их разделения?

3. Почему рудоподготовительные операции, как правило, предшествуют операциям обогащения?

4. Есть ли разница в понятиях «схема цепи аппаратов» и «качественно количественная схема обогащения»?

5. Каково назначение операций дробления и измельчения? Чем они различаются?

6. Рассчитать степень дробления для щековой дробилки.

7. Рассчитать производительность дробилки на первой стадии дробления.

8. Как расшифровать «не дробить ничего лишнего»?

9. Рассчитать гранулометрический состав.

10. Перечислите основные условия, влияющие на процесс грохочения.

11. Проведите сравнение достоинств схем грохочения «от крупного к мелкому» и «от мелкого к крупному».

12. Перечислите факторы, влияющие на процесс грохочения.

13. Определение эффективности грохочения:

А) выход надрешетного продукта 40%, содержание нижнего класса – 10%.

Б) выход подрешетного продукта 40%, содержание нижнего класса в надрешетном продукте – 5%.

В) содержание нижнего класса в исходном 50%, а надрешетном продукте – 5%.

14. Как определяется средневзвешенная зольность?

15. Флотационная пульпа и ее состав?

16. От чего зависит магнитная сила, действующая на зерно минерала при помещении его в магнитное поле?

17. От чего зависит массы пробы?

18. Какие существуют способы отбора пробы от материалов, находящихся в движении?

19. Назовите виды и периодичность отбора проб на фабрике.

20. Нарисуйте примерную схему разделения проб.

21. Определить выход флюоритового концентрата, если при переработке флюоритовой руды с массовой долей  $\text{CaF}_2$  2,15 % получен концентрат с массовой долей  $\text{CaF}_2$  71,18 %. Извлечение  $\text{CaF}_2$  в концентрат составило 81,15 %.

22. При обогащении хромсодержащей руды с массовой долей хрома 3,12 % получен концентрат с массовой долей хрома 45,15 %. Выход концентрата составил 5,53 %. Определить извлечение хрома в концентрат?

23. При флотационном обогащении сульфидной руды с массовой долей цинка 4,12 % был получен цинковый концентрат с массовой долей цинка 50,58 %. Выход хвостов составил 89,99 %, а массовая доля цинка в хвостах – 0,92 %. Извлечение цинка в цинковый концентрат составило 78,69 %. Определить выходы медного и цинкового концентратов, потери цинка с медным концентратом и хвостами, массовую долю цинка в медном концентрате.

24. На обогатительной фабрике перерабатывают свинцово-цинковую руду с массовой долей свинца 2,22 % и цинка 3,13 %. При этом получают свинцовый концентрат с массовой долей свинца 60,67 % и цинка 3,00 %. Также получают цинковый концентрат с массовой долей цинка 45,15 % и свинца 6,00 %. Извлечение свинца в свинцовый концентрат составило 80,80 %, а цинка в цинковый – 65,15 %. Определить выходы продуктов обогащения и потери свинца и цинка в продуктах обогащения.

25. При обогащении сульфидной руды с массовой долей меди 1,11 % и цинка 2,17 % получен медный и цинковый концентраты. Медный концентрат с массовой долей меди 31,15 % и цинка – 2 %. Цинковый концентрат с массовой долей цинка 56,67 % и цинка 0,05 %. Выход медного концентрата составил 3,14 %, а выход цинкового – 3,49 %. Определить выход отвальных хвостов и массовую долю меди и цинка в хвостах.

26. При обогащении сульфидной руды с массовой долей свинца 2,12 % и цинка 3,35 % получен свинцовый и цинковый концентраты. Массовая доля свинца в свинцовом концентрате составила 70,21 % при извлечении свинца 82,13 %. Выход цинкового концентрата составил 4,47 %, а массовая доля свинца в цинковом концентрате – 1,50 %. Определить выход свинцового концентрата и хвостов, потери свинца в цинковый концентрат и отвальные хвосты.

27. На обогатительной фабрике получают медный и цинковый концентраты из сульфидной руды с массовой долей меди 2,22 %. Массовая доля меди в медном концентрате составила 22,22 % при выходе 8,88 %. Массовая доля меди в цинковом концентрате составила 1,00 % при выходе 12,28 %. Определить выход хвостов и массовую долю меди в хвостах.

#### **Комплекты заданий для выполнения расчетно-графических работ**

##### **Раздел 1.**

Задание 1. Характеристика крупности сыпучего материала. Расчет показателей уравнения Розена - Раммлера.

Задание 2. Расчет технологической схемы дробления, выбор оборудования.

Задание 3. Технологические схемы рудоподготовки, их построение и расчет.

Задание 4. Выбор и расчет барабанных мельниц

##### **Раздел 2.**

Задание 1. Расчет плотности и состава сростков минеральных частиц по их плотности. Расчет параметров разделительной суспензии.

Задание 2. Расчет конечной скорости свободного падения частиц в виде шара и ее диаметра по известной конечной скорости свободного падения.

Задание 3. Расчет конечной скорости стесненного падения единичных частиц в виде шара в ограниченном пространстве. Расчет конечной скорости стесненного падения частиц однородной крупности при их различной объемной концентрации.

Задание 4. Расчет коэффициента равнопадаемости различными способами..

Задание 5. Технологический расчет гидроциклонов. Расчет эффективности классификации в механических классификаторах и гидроциклонах.

Задание 6. Выбор и расчет механических классификаторов и гидроциклонов.

##### **Раздел 3.**

1. Определение магнитных свойств минералов и руд. Построение петли гистерезиса.

2. Построение сепарационных характеристик и кривых обогатимости сильномагнитных руд.

3. Построение сепарационных характеристик и кривых обогатимости слабомагнитных руд.

4. Расчет степени дробления, разгрузочной щели дробилок по стадиям дробления.

5. Характеристика оборудования для магнитной сепарации в слабом и сильном поле, расчет и выбор.

6. Характеристика оборудования для обогащения в электрических полях, построение и расчет схем.

##### **Раздел 4.**

1. Расчет контрастности свойств разделяемых минералов.

2. Построение сепарационных характеристик при липкостной сепарации.

3. Распределение выборщиков при ручной рудоразборке.

4. Расчет эффективности разделения в комбинированных полях.

5. Характеристика оборудования для рудоразборки, липкостной и радиометрической сепарации, расчет и выбор.

6. Характеристика оборудования для химического, бактериального и гидрометаллургического обогащения, построение и расчет схем

#### **Перечень работ, выполняемых в процессе изучения дисциплины (модуля, практики, НИР)**

1. Практические и лабораторные работы в семестре

2. Домашнее задание				
<b>Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена</b>				
Экзаменационный билет включает в себя 2 теоретических вопроса и 1 практический вопрос из установленного перечня по темам, изложенным в 4 разделе данной РПД. Билеты хранятся на кафедре и утверждены заведующим кафедрой				
<b>Методика оценки результатов обучения по дисциплине (модулю, практике, НИР)</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: экзамен в 9 семестре.</li> <li>Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости в 9 семестре - балльно-рейтинговая: <ul style="list-style-type: none"> <li>посещение занятий – 0,5 балла за 1 занятие (всего 18 лекционных занятий), итого не более 9 баллов;</li> <li>выполнение практических работ, всего 4 работы в семестре по 3 балла, итого не более 12 баллов;</li> <li>выполнение лабораторных работ, всего 4 работы в семестре по 3 балла, итого не более 12 баллов;</li> <li>подготовка и презентация докладов на коллоквиумы, всего 3 сообщения по 7 баллов, итого не более 21 балла.</li> <li>выполнение домашнего задания – до 6 баллов</li> </ul> </li> </ul> <p>ИТОГО не более 60 баллов в семестре.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Условие допуска к экзамену по дисциплине – наличие не менее 33 баллов семестровой работы.</li> <li>Методика расчета оценки на экзамене.</li> <li>Ответ на экзамене оценивается в 40 баллов: до 30 баллов за ответ на теоретические вопросы и до 10 баллов за ответ на практический вопрос. Критерии определения оценок на экзамене изложены в разделе 5 Положения о промежуточной аттестации студентов ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС» (П 239.09-14)</li> </ul>				
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)</b>				
<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>				
<b>6.1.1 Основная литература</b>				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Лукина К.И.	Механическое оборудование по обогащению полезных ископаемых	Библиотека «Горное дело» <a href="https://www.bibl.gorobr.ru/obogashchenie-i-pererabotka-poleznykh-iskopaemykh?view=content&amp;id=30327">https://www.bibl.gorobr.ru/obogashchenie-i-pererabotka-poleznykh-iskopaemykh?view=content&amp;id=30327</a>	Москва 2006
Л 1.2	Абрамов А.А.	Механическое оборудование по обогащению полезных ископаемых	Библиотека «Горное дело» <a href="https://www.bibl.gorobr.ru/obogashchenie-i-pererabotka-poleznykh-iskopaemykh?view=content&amp;id=32209">https://www.bibl.gorobr.ru/obogashchenie-i-pererabotka-poleznykh-iskopaemykh?view=content&amp;id=32209</a>	Москва 2006
Л 1.3	Авдохин, В.М.	Основы обогащения полезных ископаемых: учебник для вузов : в 2-х т. Т. 1. Обогащение полезных ископаемых	Университетская библиотека ONLINE URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=100028">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=100028</a>	Москва : Горная книга, 2008.
<b>6.1.2 Дополнительная литература</b>				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	Коротков, В.А.	Проактивные ремонты в горно-	Университетская библиотека ONLINE	Москва : Директ-Медиа, 2014. – 62 с.

		металлургический отрасли: пособие	URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=223466">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=223466</a>	
6.1.3 Методические материалы				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3.1	В.Н. Климов	Методические указания для выполнения практических работ	ГФ НИТУ «МИСиС»	ГФ НИТУ «МИСиС», 2014
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э 1	lms.misis.ru – LMS Canvas НИТУ «МИСиС»			
Э 2	<a href="http://www.google.ru">www.google.ru</a>			
Э 3				
6.3. Перечень программного обеспечения				
6.3.1 Дополнительная техническая документация/информация				
П 1	Технологические электронные схемы структур и технологий горных предприятий			
П4	Комплект рабочих чертежей			
П7	УЗТМ УРАЛМАШЗАВОД Заводской каталог оборудования			
П8	Системы и техника открытых горных разработок, ThyssenKrupp. Мир карьерных комбайнов, Wirtgen Surface Miner			
П9	ОМЗ Каталог деталей и сборочных единиц			
П10	ЭКГ Каталог деталей и сборочных единиц			
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных				
И 1				
И 2				

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
7.1	<p>Ауд. 415. Лекционная аудитория. Аудитория для практических занятий.</p> <p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплект мультимедийной аппаратуры: <ul style="list-style-type: none"> <li>– системный блок и монитор;</li> <li>– мультимедиа-проектор Mitsubishi;</li> </ul> </li> <li>2. Макеты систем подземной разработки;</li> <li>3. Комбайн УКТ-1;</li> <li>4. Комбайн КУ-1.</li> <li>5. Макет карьера Лебединского ГОКа</li> <li>6. Шарошки буровые для СБШ.</li> <li>7. Плакаты.</li> <li>8. Комплект учебной мебели на 60 посадочных мест.</li> </ol> <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– WINHOME 10 RUS OLP NL Acdmc Legalization GetGen;</li> <li>– Office Professional Plus 2016 RUS OLP NL Acdmc</li> </ul>

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<p>Студенту следует уяснить цель изучения дисциплины «Механическое оборудование обогатительных фабрик». Последовательное изучение дисциплин выполняется для достижения студентом знаний о технологии подготовки горных пород к обогащению.</p> <p>Технология дробления, измельчения и обогащения исходного продукта является сложной по организации и по реализации технологических процессов, в которых участвуют различные типы дробильного оборудования, способные выполнять процесс крупного, среднего и мелкого дробления с передачей полученного продукта на процесс магнитной сепарации.</p> <p>Технологические процессы, перечисленные выше, могут реализовываться только при взаимодействии технологических комплексов, в которых важной значение имеет основное и вспомогательное оборудование.</p> <p>Основным требованием к процессу подготовки горных пород к дроблению и обогащению является непрерывность технологического цикла, так как накопление, подача исходного материала, его дробление,</p>	



*измельчение должны проводиться в определённом рабочем режиме с тем, чтобы на процессе обогащения получить готовый продукт высокого качества.*

*Для реализации предстоящих практических задач студенту необходимо в процессе обучения должным образом вести лекционные записи, дополнять знания, полученные на лекционных занятиях, самостоятельным поиском новых технических знаний о конструкциях оборудования обогатительных фабрик, отслеживать совершенствование конструктивной линейки дробильного оборудования.*

*Для получения необходимого запаса знаний студенту необходимо внимательно изучить требования рабочей программы и выполнять свои обязанности, опираясь на методические указания данной работы.*