

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО  
профессор Т.Н. Александрова

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета переработки  
минерального сырья  
профессор В.Ю. Бажин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО И  
ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки:	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
Направленность (профиль):	Обогащение полезных ископаемых
Форма обучения:	очная
Нормативный срок обучения:	4 года
Составитель:	д.т.н., профессор Т.Н. Александрова

**Рабочая программа дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 N 886 (ред. от 30.04.2015);
- на основании учебного плана направленности (профиля) «Обогащения полезных ископаемых» по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых.

**Составитель**

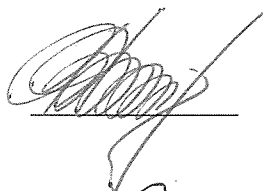


д.т.н., проф. Т.Н. Александрова

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Обогащения полезных ископаемых» от «26» сентября 2019 г., протокол № 2**

**Рабочая программа согласована:**

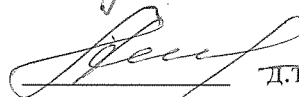
Декан факультета аспирантуры  
и докторантуры



к.т.н.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой обогащения  
полезных ископаемых



д.т.н., проф.

Т.Н. Александрова

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

*Рабочая программа дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых*

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	<i>13</i>	<i>«24» 06»</i> .2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	<i>19</i>	<i>«15» 08»</i> .2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	<i>12</i>	<i>«27» 06»</i> .2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» - формирование у аспирантов знаний в области проблемно-ориентированных исследований в области энергоэффективных технологий дезинтеграции важных и дефицитных видов минерального сырья, подготовка выпускников аспирантуры к самостоятельному решению профессиональных задач, связанных с уменьшением энергозатрат на подготовку минерального и техногенного сырья к обогащению, формирование у аспирантов современного научного мировоззрения, развитие творческого естественнонаучного мышления, овладение современными методами научных исследований в области рудоподготовительных переделов.

### Основными задачами изучения дисциплины являются:

*изучение* современного состояния процессов дезинтеграции различных видов сырья в России и за рубежом, основных научно-технических проблем и тенденций интенсификации процессов рудоподготовки и перспективных направлений в разработке новых машин.

*овладение* методами моделирования процессов дезинтеграции.

*формирование* у аспирантов:

полных представлений о технологиях дезинтеграции минерального и техногенного сырья;

навыков научно-исследовательской деятельности в области дезинтеграции минерального и техногенного сырья;

навыков практического применения знаний в области дезинтеграции минерального и техногенного сырья;

*мотивации* к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области обогащения полезных ископаемых.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» является вариативной дисциплиной «Дисциплины (модули)» ОПОП, соответствующей ФГОС ВО для уровня подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденному приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 N 886 (ред. от 30.04.2015). Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при освоении программ бакалавриата, специалитета или магистратуры, в частности, при изучении таких дисциплин как «Обогащение и переработка минерального сырья», «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению» и др.

Знания, умения и компетенции, полученные при изучении данной дисциплины, используются при прохождении педагогической практики и в научно-исследовательской работе.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС		Основные показатели освоения дисциплины	Код показателя освоения
Код компетенции	Содержание компетенции		
ПК-1	Способностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов в области обогащения полезных ископаемых	<b>Знать:</b> - теоретические основы традиционных и новых методов обогащения полезных ископаемых	31
		<b>Уметь:</b>	У1

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» - формирование у аспирантов знаний в области проблемно-ориентированных исследований в области энергоэффективных технологий дезинтеграции важных и дефицитных видов минерального сырья, подготовка выпускников аспирантуры к самостоятельному решению профессиональных задач, связанных с уменьшением энергозатрат на подготовку минерального и техногенного сырья к обогащению, формирование у аспирантов современного научного мировоззрения, развитие творческого естественнонаучного мышления, овладение современными методами научных исследований в области рудоподготовительных переделов.

**Основными задачами изучения дисциплины являются:**

*изучение* современного состояния процессов дезинтеграции различных видов сырья в России и за рубежом, основных научно-технических проблем и тенденций интенсификации процессов рудоподготовки и перспективных направлений в разработке новых машин.

*овладение* методами моделирования процессов дезинтеграции.

*формирование* у аспирантов:

полных представлений о технологиях дезинтеграции минерального и техногенного сырья;

навыков научно-исследовательской деятельности в области дезинтеграции минерального и техногенного сырья;

навыков практического применения знаний в области дезинтеграции минерального и техногенного сырья;

*мотивации* к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области обогащения полезных ископаемых.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» является вариативной дисциплиной «Дисциплины (модули)» ОПОП, соответствующей ФГОС ВО для уровня подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденному приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 N 886 (ред. от 30.04.2015). Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при освоении программ бакалавриата, специалитета или магистратуры, в частности, при изучении таких дисциплин как «Обогащение и переработка минерального сырья», «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению» и др.

Знания, умения и компетенции, полученные при изучении данной дисциплины, используются при прохождении педагогической практики и в научно-исследовательской работе.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС		Основные показатели освоения дисциплины	Код показателя освоения
Код компетенции	Содержание компетенции		
ОПК-2	Способность подготавливать научно-технические отчеты, а также публикации по результатам выполнения исследований	<b>Выпускник знает:</b> правила составления отчетов	<b>З1</b>
		<b>Умеет:</b> самостоятельно составлять отчеты по результатам выполнения исследований	<b>У1</b>
		<b>Владет</b> навыками:	<b>В1</b>

		самостоятельного составления отчетов по результатам выполнения исследований	
ПК-1	Способностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов в области обогащения полезных ископаемых	<b>Знать:</b> - теоретические основы традиционных и новых методов обогащения полезных ископаемых	<b>З1</b>
		<b>Уметь:</b> - самостоятельно использовать теоретические основы традиционных и новых методов обогащения полезных ископаемых	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b> - навыками самостоятельного использования теоретических основ традиционных и новых методов обогащения полезных ископаемых	<b>В1</b>
ПК-2	Способностью на основе анализа вещественного состава полезного ископаемого самостоятельно составлять план и проводить исследования, получать новые научные и прикладные результаты	<b>Знать:</b> - основные положения теории научного эксперимента	<b>З1</b>
		<b>Уметь:</b> - самостоятельно составлять план и проводить исследования, получать новые научные и прикладные результаты	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b> - навыками самостоятельного проведения исследований	<b>В1</b>
ПК-3	Способностью разрабатывать технологию обогащения полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых и информации, полученной в ходе самостоятельных исследований, составлять и защищать отчеты по проделанной работе	<b>Знать:</b> - технологию обогащения основных видов полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых и информации, полученной в ходе самостоятельных исследований, составлять и защищать отчеты по проделанной работе	<b>З1</b>
		<b>Уметь:</b> - разрабатывать технологию обогащения основных видов полезных ископаемых	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b> - навыками выбора и расчета	<b>В1</b>

		технологии обогащения основных видов полезных ископаемых	
ПК-4	Умением работать с программными продуктами общего и специального назначения с целью математической обработки данных, моделирования обогатительных аппаратов, оптимизации технологических процессов и операций в области обогащения полезных ископаемых и проектирования обогатительных производств	<b>Знать:</b> - основные программные продукты общего и специального назначения	<b>З1</b>
		<b>Уметь:</b> - пользоваться основными программными продуктами общего и специального назначения	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b> - навыками использования основными программными продуктами общего и специального назначения	<b>В1</b>

#### 4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего ак. часов	Семестр	
		3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	2	2	
В том числе:			
Лекции	2	2	
<b>Самостоятельная работа аспирантов СР (всего)</b>	178	90	88
В том числе:			
Тематическая работа с научной литературой	32	16	16
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	34	19	15
Исследовательская работа, анализ научных публикаций по заданной теме	40	20	20
Освоение методик расчетов, в том числе проводимых в используемом программном обеспечении	36	18	18
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, участие в научно-практических конференциях и семинарах, подготовка к аттестации	36	18	18
Вид промежуточной аттестации (зачет – З/ дифф. зачет – Д/ экзамен – Э/ кандидатский экзамен – КЭ)	Д	Д	Д
Общая трудоемкость в академических часах (а.ч.)	180	92	88
Общая трудоемкость в зачетных единицах (З.Е.)	5	2,5	2,5

## 4.2. Содержание дисциплины

### 4.2.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Формируемые компетенции
1	Введение	Назначение процессов дезинтеграции минерального и техногенного сырья. Дробление, измельчение и грохочение. Раскрытие минеральных зерен.	ПК-1
2	Грохочение	Основы понятия о процессе грохочения. Гранулометрический состав материала. Рабочие поверхности грохотов. Эффективность грохочения. Общая классификация грохотов. Неподвижные колосниковые грохоты. Грохоты частично подвижные. Подвижные (механические грохоты). Гидравлические грохоты. Условия, влияющие на производительность и эффективность работы вибрационных грохотов. Расчёт и выбор грохотов. Способы крепления и очистка сит. Вероятностные и идеальные грохоты. Smart-грохоты и аппараты с повышенной эффективностью и износоустойчивостью. Грохоты типа «Банан»; фирмы-производители Metso Minerals, Deric, Kroosh и др.	ПК-1-4
3	Классификация в водной и воздушной среде	Теоретические принципы свободного и стеснённого падения частиц в различных средах. Гидравлические, механические классификаторы, циклоны и гидроциклоны, воздушные сепараторы. Расчёт и выбор классификаторов. Кривые эффективности циклона: истинная, приведенная и скорректированная. Особенности оценки крупности разделения в центробежном поле. Расчёт и выбор циклонов аналитическим методом и по номограммам.	ПК-1-4



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Формируемые компетенции
4	Дробление	<p>Физические основы дробления и измельчения. Сущность процессов дробления и измельчения. Современные представления о процессе разрушения хрупких тел. Прочность и твердость горных пород. Теория дробления; законы Риттингера, Кирпичева-Кика, Ребиндера, Бонда, Хукки и их взаимная связь. Способы дробления и измельчения. Дробление крупное, среднее и мелкое. Степень дробления и измельчения. Дробилки. Классификация дробильно-измельчительного оборудования. Щековые дробилки с простым и сложным качанием щеки. Конусные дробилки для крупного дробления с подвешенным валом и с гидравлическим регулированием положения дробящего конуса. Выбор типоразмера дробилок крупного дробления для работы в заданных условиях. Конусные дробилки среднего и мелкого дробления. Дробилки с гидравлической амортизацией и регулированием разгрузочной щели. Безэксцентровые инерционные дробилки. Дробильные валки, устройство, скорость движения, область применения. Работа дробилок среднего и мелкого дробления в замкнутом цикле с грохотом. Определение циркулирующей нагрузки. Машины для среднего и мелкого дробления мягких и хрупких пород. Зубчатые и валковые дробилки для угля. Пресс-валковые дробилки. Принцип действия, применение, особенности работы, преимущества и недостатки. Основы расчёта. Молотковые и роторные дробилки и дезинтеграторы. Схема устройства и принцип действия, степень дробления, производительность, расход энергии и стали, способы управления. Способы автоматического регулирования дробильных агрегатов. Центробежно-ударные дробилки с вертикальным валом. Дробилки Бармак и Титан-Д.</p>	ПК-1-4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Формируемые компетенции
5	Измельчение	<p>Измельчительное оборудование. Типы мельниц. Принцип действия. Мельницы с центральной и периферической разгрузкой, мельницы с разгрузкой через решетку. Стержневые мельницы. Мельницы самоизмельчения “Каскад” и сухого самоизмельчения “Аэрофол”, рудногалечные мельницы. Аэродинамические мельницы. Питатели, футеровки и привод мельниц. Схема устройства и принцип действия центробежных и вибрационных мельниц. Механика измельчающей среды барабанных мельниц. Скоростные режимы - каскадный, водопадный, сверхкритический. Критическая скорость вращения мельниц. Уравнения круговой и параболической траектории движения шаров в мельнице. Координаты характерных точек параболической траектории. Оборачиваемость шаров в мельнице. Эксплуатация барабанных мельниц. Степень заполнения объема мельниц дробящей средой. Насыпной вес шаров, стержней, дробящей гальки в мельнице. Нагрузка дробящей среды. Мощность, потребляемая мельницей при каскадном и водопадном режимах работы. Открытый и замкнутый циклы измельчения. Стадиальное измельчение. Процесс образования циркулирующей нагрузки. Основное уравнение для плотности пульпы. Определение циркулирующей нагрузки по опробованию цикла измельчения. Экономические преимущества самоизмельчения. Схемы измельчения. Производительность мельниц по руде, расчетному классу. Факторы, определяющие производительность мельниц: размеры, частота вращения, измельчающая среда, циркулирующая нагрузка, уровень пульпы. Определение производительности мельниц. Технико-экономические показатели измельчения. Выбор типа и размера мельниц для работы в заданных условиях. Кинетика измельчения. Уравнения кинетики измельчения. Измельчаемость полезных ископаемых; методы её определения. Мельницы для тонкого и сверхтонкого помола. Мельницы-мешалки. Вертикальные, башенные</p>	ПК-1-4

#### 4.2.2. Разделы дисциплины и виды занятий

(Л – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы, СР - самостоятельная работа)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Общая трудоемкость, час					
		Аудиторные занятия				СР	ИТОГО
		Всего	Л	ПЗ	ЛР		
1	Введение	2	2	-	-	35	37
2	Грохочение	-	-	-	-	35	35
3	Классификация в водной и воздушной среде	-	-	-	-	35	35
4	Дробление	-	-	-	-	35	35
5	Измельчение	-	-	-	-	38	38
	<b>ИТОГО</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>178</b>	<b>180</b>

#### 4.2.3. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен учебным планом.

#### 4.2.4. Практические занятия (семинары)

Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебной дисциплине «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» используются следующие образовательные технологии:

- **технология модульного обучения** (предполагает структурирование материала по отдельным частям (разделам) учебной дисциплины, имеющим определённую логическую завершенность по отношению к планируемым результатам освоения);
- **технология активных методов обучения** (предусматривает свободный обмен мнениями о заявленной проблематике и характеризуется высоким уровнем активности студентов);
- **информационные технологии** (включают применение компьютерных технологий для сопровождения лекций и практических занятий иллюстративными материалами (компьютерными презентациями, фотографиями, видеофильмами, видео- и аудиозаписями)).
- **вводная лекция** (даёт целостное представление о содержании дисциплины, раскрывает междисциплинарные взаимосвязи, направлена на развитие у студентов интереса к данной области научного знания, что способствует творческому усвоению учебного материала);
- **метод проектов** – комплексный метод обучения, результатом которого является создание какого-либо продукта (проект, отчет о проведенном исследовании, статья). В основе учебных проектов лежат исследовательские методы обучения (самостоятельная работа, НИР);
- **тестирование** – контроль знаний с помощью тестов, которые состоят из условий (вопросов) и вариантов ответов для выбора.

## **6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

В курсе дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» используют компьютерные системы обработки исходных данных, визуализации информации и другие.

### **Программное обеспечение**

Для практических занятий кафедра располагает стационарными компьютерами в аудиториях кафедры с лицензионным программным обеспечением Microsoft Office.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
2. ЭБС издательского центра «Лань». <http://e.lanbook.com/>
3. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
4. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт». <http://rucont.ru/>
5. ООО Научная электронная библиотека. Интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования. (Включает РИНЦ- библиографическая база данных публикаций российских авторов и SCIENCE INDEX- информационно - аналитическая система, позволяющая проводить аналитические и статистические исследования публикационной активности российских ученых и научных организаций). <http://elibrary.ru/>
6. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
7. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
8. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>).
9. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://school-collection.edu.ru/>).
9. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>).

## **7. Организация самостоятельной работы аспиранта**

### **7.1. Виды самостоятельной работы аспиранта**

- Тематическая работа с рекомендованной научной литературой;
- Самостоятельное изучение разделов дисциплины
- Исследовательская работа, анализ научных публикаций по темам курса;
- Подготовка к участию в научно-практических конференциях и семинарах;
- Освоение методик расчетов, в том числе проводимых в используемом программном обеспечении;
- Написание реферата;
- Подготовка к аттестации.

В процессе изучения дисциплины аспирантам предлагается выполнять научные исследования по теме диссертационной работы.

## 7.2. Распределение времени самостоятельной работы аспирантов

Вид самостоятельной работы аспиранта	Примерная трудоёмкость, ак.ч.
Тематическая работа с научной литературой	32
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	34
Исследовательская работа, анализ научных публикаций по заданной теме	40
Освоение методик расчетов, в том числе проводимых в используемом программном обеспечении	36
Написание реферата по теме	36
<b>Итого самостоятельной работы аспиранта:</b>	<b>178</b>

### 7.2.1. Примерная тематика рефератов

#### Раздел 2. Грохочение

1. Классификация грохотов
2. Плоские-качающиеся грохоты.
3. Полувибрационные грохоты.
4. Грохоты типа ГИЛ.
5. Грохоты типа ГИС.
6. Грохоты типа ГИТ.
7. Самобалансные грохоты.
8. Самоцентрирующиеся грохоты.
9. Неподвижные колосниковые грохоты.
10. Грохоты вибрационные.
11. Грохоты типа «Банан».
12. Вероятностные грохоты.
13. Барабанные грохоты.
14. Валковые грохоты.
15. Идеальные грохоты.
16. Грохоты фирмы Dergic.
17. Рабочие поверхности грохочения.
18. Грохота для пульпы.
19. Дуговые сита.
20. Smart-технологии при изготовлении грохотов.
21. Факторы, оказывающие влияние на эффективность грохочения.
22. Живое сечение рабочей поверхности грохота и его влияние на процесс
23. разделения частиц.
24. Способы оценки крупности частиц различного размера.
25. Устройства автоматического контроля грансостава сухих и пульповых продуктов.
26. Кинетика процесса грохочения.

#### Раздел 3. Классификация в водной и воздушной среде

27. Гидравлические классификаторы.
28. Спиральный классификатор.
29. Реечный классификатор.
30. Чашевый классификатор.
31. Гидросепараторы.
32. Центробежные воздушные классификаторы.
33. Гидроциклоны двухпродуктовые.
34. Гидроциклоны трёхпродуктовые.

35. Батарейные циклоны.
36. Сепарационные характеристики гидроциклонов.

#### **Раздел 4. Дробление**

37. Классификация дробильных машин.
38. Щековые дробилки с простым качанием щеки.
39. Щековые дробилки со сложным качанием щеки.
40. Виброщёковые дробилки.
41. Гирационные дробилки.
42. Конусные дробилки КСД.
43. Конусные дробилки КМД.
44. Конусные инерционные дробилки.
45. Конусные дробилки МП-1000.
46. Конусные дробилки Жирадиск.
47. Конусные дробилки Waterflash.
48. Валковые дробилки.
49. Дробилки ИВВД.
50. Молотковые дробилки.
51. Роторные дробилки с горизонтальным валом.
52. Центробежно-роторные дробилки с вертикальным валом.
53. Дробилки типа Бармак.
54. Дробилки Титан-Д.
55. Дезинтеграторы.
56. Дробилки фирмы Metso Minerals.
57. Методика оценки дробимости руд по Бонду.
58. Методика оценки крепости руд по шкале проф. Протождьяконова.
59. Законы дробления.
60. Компоновка оборудования в корпусах КСМД.
61. Классификация схем дробления.

#### **Раздел 5. Измельчение**

62. Классификация мельниц.
63. Мельницы МСЦ.
64. Мельницы МШЦ.
65. Мельницы МШР.
66. Мельницы самоизмельчения типа «Каскад».
67. Рудно-галечные мельницы.
68. Мельницы самоизмельчения типа «Аэрофол».
69. Мельницы с перекачиваемой средой.
70. Мельницы с перемешиваемой средой.
71. Мельницы вертикальные.
72. Мельницы башенные.
73. Мельницы струйные.
74. ISA-mill.
75. Разновидности перемешивателей в мельницах-мешалках.
76. Устройства для улавливания металлического скрапа в разгрузке мельниц.
77. Устройства для автоматизации подгрузки мелющих тел.
78. Устройства для автоматизации перефутеровки мельниц.
79. Методика расчёта индекса Бонда для стержневых мельниц.
80. Методика расчёта индекса Бонда для шаровых мельниц.
81. Методика расчёта производительности мельниц института «Механообр».
82. Методика расчёта и выбора мельниц по Бонду.
83. Автоматизация мельниц.
84. Питатели мельниц.

85. Типы футеровок мельниц.
86. Методики подгруздки мелющих тел (регулярная и рациональная).

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Организация и оценочные средства текущего контроля успеваемости**

#### **8.1.1. Организация текущего контроля успеваемости**

В качестве метода контроля самостоятельной работы аспиранта используются аттестации, проводимые на заседаниях кафедры в конце каждого семестра.

#### **8.1.2. Вопросы для самопроверки**

1. Что такое дезинтеграция полезных ископаемых?
2. Зачем нужна дезинтеграция полезных ископаемых?
3. Что такое дробление?
4. Какие виды дробилок Вы знаете?
5. Что такое грохочение?
6. Какие виды грохотов Вы знаете?
7. Что называется эффективностью грохочения?
8. Что такое «лёгкие, трудные и затрудняющие» зёрна?
9. Параметры, оказывающие влияние на эффективность грохочения?
10. Какие грохоты используют для крупного грохочения?
11. Какие грохоты имеют большую эффективность грохочения?
12. От чего зависит производительность грохота?
13. Что такое измельчение?
14. Чем измельчение отличается от дробления?
15. Какие мельницы чаще всего используются в практике обогащения полезных ископаемых?
16. Чему равняется критическая частота вращения барабанной мельницы?
17. При какой футеровке барабанной мельницы получается более тонкий помол?
18. Как устроена мельница МШР?
19. В каких единицах измеряется удельная производительность мельниц?
20. От каких факторов зависит удельная производительность мельниц по готовому классу крупности?
21. Назовите преимущества мокрого измельчения по сравнению с сухим.
22. Что такое самоизмельчение?
23. Какие виды самоизмельчения Вы знаете?
24. Как борются с «критическими» классами крупности при самоизмельчении?
25. Каков характер зависимости производительности мельниц от частоты вращения барабана?
26. Что обозначает понятие «число меш»?
27. Где применяются барабанные грохоты?
28. В чём особенность вероятностных грохотов?
29. В чём преимущества и недостатки способа грохочения от крупного к мелкому по сравнению с другими способами?
30. В чём главное отличие планетарной мельницы от других?
31. Какие мелющие тела (материал) используются в барабанных мельницах?
32. Назовите типы и принцип работы мельницы для тонкого и сверхтонкого измельчения.
33. В каких стадиях измельчения возможно использовать мельницы тонкого и сверхтонкого измельчения.

34. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора щековых и конусных дробилок.
35. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора шаровых и стержневых мельниц.
36. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора мельниц само/полусамоизмельчения.
37. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета абразивного износа.

## 8.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 8.2.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Этапы формирования компетенций				
	1	2	3	4	5
ПК-1	+	+	+	+	+
ПК-2	-	+	+	+	+
ПК-3	-	+	+	+	+
ПК-4	-	+	+	+	+

### 8.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оценивание формирования компетенций осуществляется посредством прохождения аспирантами форм текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценивание формирования компетенций производится на основе показателей освоения, указанных в п. 3 программы дисциплины.

Показатели оценивания сформированности знаний, умений и владений проверяются на этапах формирования компетенций в соответствии с таблицей:

Код компетенции по ФГОС ВО	Показатели освоения (код показателя освоения)	Разделы (этапы) дисциплины и формы оценивания						Обеспеченность оценивания компетенции
		1	2	3	4	5	Зачёт (диф.)	
ПК-1	З1	+	+	+	+	+	+	+
	У1	+	+	+	+	+	+	+
	В1	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	З1	-	+	+	+	+	+	+
	У1	-	+	+	+	+	+	+
	В1	-	+	+	+	+	+	+
ПК-3	З1	-	+	+	+	+	-	+
	У1	-	+	+	+	+	-	+
	В1	-	+	+	+	+	-	+
ПК-4	З1	-	+	+	+	+	-	+
	У1	-	+	+	+	+	-	+
	В1	-	+	+	+	+	-	+
Итого:		+	+	+	+	+	+	



### 8.2.3. Примерный перечень вопросов к дифф. зачету по курсу

1. Что называется модулем шкалы грохочения?
2. Каков модуль шкалы грохочения Тайлера?
3. Что называется живым сечением сита?
4. Каков нижний предел крупности при ситовом анализе?
5. Что характеризует форма суммарной характеристики крупности?
6. Каков физический смысл констант в уравнении Годэна-Андреева?
7. Что называется эффективностью грохочения?
8. Что такое «лёгкие, трудные и затрудняющие» зёрна?
9. Параметры, оказывающие влияние на эффективность грохочения?
10. Какие грохоты используют для крупного грохочения?
11. Какие грохоты имеют большую эффективность грохочения?
12. От чего зависит производительность грохота?
13. Для чего используют дуговые сита?
14. В каких единицах измеряется удельная производительность инерционных грохотов?
15. В чём основное назначение операций рудоподготовки при обогащении руд?
16. Как наиболее точно вычислить степень сокращения?
17. Какова максимальная степень сокращения современных щековых и конусных дробилок?
18. При каком виде деформации требуются наибольшие энергозатраты?
19. Какова формула закона дробления Кирпичёва-Кика?
20. Напишите формулу дробления для закона Риттингера?
21. В каких случаях наиболее справедлив закон Бонда?
22. Какие виды деформаций преобладают при шаровом измельчении?
23. Какова массовая доля металла в руде, если выход концентрата составляет 8 %, извлечение в концентрат 90 %, а содержание металла в нём 60 %?
24. Какова эффективность грохочения при содержании нижнего класса в исходном материале 40 % и в верхнем классе 10 %?
25. Область применения щековых дробилок?
26. Каков предельный угол захвата щековых дробилок?
27. От чего зависит наивыгоднейшая частота вращения эксцентрикового вала щековых дробилок?
28. Каков оптимальный режим работ щековых дробилок?
29. Что такое типовая характеристика крупности разгрузки дробилок?
30. Как регулируется крупность материала разгрузки щековых дробилок?
31. Как происходит защита щековых дробилок от поломок при попадании недробимых предметов?
32. Какова эффективность грохочения, если выход надрешётного продукта 60 % и содержание в нём нижнего класса 10 %?
33. Как регулируется разгрузочная щель в дробилках ККД?
34. От чего зависит производительность конусных дробилок ККД?
35. Каков коэффициент закругления для дробилок ККД при дроблении руд средней твёрдости?
36. От чего зависит производительность конусных дробилок КСД?
37. Как регулируется крупность дроблёного продукта в дробилках КМД?
38. Как происходит защита дробилок КМД от поломок при попадании недробимых предметов?
39. Каков коэффициент закругления для дробилок КМД при дроблении руд средней твёрдости?
40. Какая из известных дробилок не переизмельчает материал?
41. Во сколько раз диаметр вала должен быть больше максимального куска в питании валковой дробилки с гладкими валками?

42. Перечислите все дробилки ударного действия.
43. От чего зависит производительность валковых дробилок?
44. Какова область применения дробилок ударного действия?
45. Какая из дробилок ударного действия имеет наибольшую степень сокращения?
46. От чего зависит мощность молотковых и роторных дробилок?
47. Какая из барабанных шаровых мельниц имеет при прочих равных условиях большую производительность?
48. Какой скоростной режим работы барабанной мельницы даёт более тонкий помол?
49. Чему равняется критическая частота вращения барабанной мельницы?
50. При какой футеровке барабанной мельницы получается более тонкий помол ?
51. Какая футеровка (материал) имеет более высокий срок службы?
52. Какие питатели применяются для подачи материала в шаровые барабанные мельницы?
53. Как устроена мельница МШР?
54. Начало центрифугирования шаров соответствует углу отрыва шаров, равному ...
55. Какова обычно частота вращения барабана в долях от критической?
56. Оптимальная степень заполнения мельниц мелющими телами равняется.
57. Масса шаровой нагрузки равняется ...
58. Полезная мощность шаровой мельницы при каскадном режиме работы равняется ...
59. На обогатительных фабриках в основном применяются следующие барабанные мельницы ...
60. Мощность, потребляемая шаровой барабанной мельницей из сети равняется ...
61. Наиболее оптимальной формой мелющих тел является ...
62. Изнашивание шаров по гипотезе Дэвиса соответствует формуле ...
63. Как осуществляется подгрузка шаров с целью компенсации износа при регулярном способе?
64. Как осуществляется подгрузка шаров с целью компенсации износа при рациональном способе?
65. Напишите уравнение кинетики измельчения В.В. Товарова.
66. В каких единицах измеряется удельная производительность мельниц?
67. От каких факторов зависит удельная производительность мельниц по готовому классу крупности?
68. Назовите преимущества мокрого измельчения по сравнению с сухим.
69. Как получить тонкий помол при одностадийном измельчении?
70. Как борются с «критическими» классами крупности при самоизмельчении?
71. Какова роль циркулирующей нагрузки на производительность мельницы?
72. В каких случаях может эффективно работать в первой стадии барабанная мельница в открытом цикле?
73. В каких единицах измеряется плотность пульпы?
74. Как рассчитать величину разжижения в продукте?
75. Как определить содержание твёрдого в пульпе?
76. Как измеряется циркулирующая нагрузка в агрегате замкнутого цикла?
77. Как влияет масса мелющих тел на производительность мельниц?
78. Каков характер зависимости производительности мельниц от частоты вращения барабана?
79. Каков приблизительно расход футеровки при дроблении в дробилках КСД и КМД?
80. Может ли при грохочении происходить обогащение материала?
81. Какие типы просеивающих поверхностей применяются при грохочении?
82. Какова масса пробы для ситового анализа при максимальной крупности 0,5 мм?
83. Что такое индекс чистой работы по Бонду?
84. От чего зависит установочная мощность щековых дробилок?

85. Каков выход класса – 30 + 20 мм для смеси с максимальной крупностью куска 50 мм и при равномерном распределении частиц?
86. Какова максимальная крупность частиц в смеси если при прямолинейной характеристике крупности суммарный остаток на ситах 200 мм и 300 мм соответственно составляет 60 % и 40 %?
87. Какова должна быть величина приёмного отверстия дробилки, если максимальная крупность в питании составляет 1000 мм?
88. Какова средняя крупность смеси при равномерном распределении классов крупности и максимальном куске диаметром 500 мм?
89. Каков будет выход затрудняющих зёрен в смеси при равномерном распределении классов крупности и максимальном куске 500 мм, если грохочение идёт по классу 200 мм?
90. Каков будет выход трудных зёрен при равномерном распределении классов крупности и максимальном куске 1500 мм, если грохочение идёт по классу 500 мм?
91. Как определить эффективность грохочения на работающем промышленном грохоте?
92. Чему равняется эффективность грохочения при содержании нижнего класса в надрешётном продукте 10 % и выходе подрешётного продукта 40 %?
93. При расчёте было выбрано две дробилки производительностью 550 м<sup>3</sup>/ч каждая. Каков будет коэффициент загрузки при общей производительности 800 м<sup>3</sup>/ч?
94. Каково оптимальное соотношение объёмов мельниц в первой и второй стадиях при двухстадиальном измельчении?
95. Что обозначает понятие «число меш»?
96. Где применяются барабанные грохоты?
97. В чём особенность вероятностных грохотов?
98. В чём преимущества и недостатки способа грохочения от крупного к мелкому по сравнению с другими способами?
99. В чём главное отличие планетарной мельницы от других?
100. Какие мелющие тела (материал) используются в барабанных мельницах?
101. Назовите типы и принцип работы мельницы для тонкого и сверхтонкого измельчения.
102. В каких стадиях измельчения возможно использовать мельницы тонкого и сверхтонкого измельчения.
103. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора щековых и конусных дробилок.
104. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора шаровых и стержневых мельниц.
105. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора мельниц само/полусамоизмельчения.
106. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета абразивного износа основных органов рудоподготовительного оборудования.
107. Приведите примеры использования операций тонкого и сверхтонкого грохочения в циклах рудоподготовки на обогатительных фабриках?
108. Назовите основные типы грохотов для тонкого и сверхтонкого грохочения.
109. В каких единицах измеряются индексы чистой работы Бонда?
110. Назовите принцип работы и примеры использования ИВВД.

### 8.3. Критерии оценок промежуточной аттестации успеваемости по итогам освоения дисциплины

#### 8.3.1. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации

«2» (неудовл.)	Оценка		
	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовл.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы.	демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении практических задач допускает неточности, грубые ошибки. Необходимые компетенции сформированы слабо	демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. В целом справляется с решением практических задач, допуская незначительные ошибки. Необходимые компетенции сформированы	демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением практических задач. Необходимые компетенции сформированы

#### 8.3.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме дифференцированного зачета

Код компетенции по ОПОП	Код показа теля оценивания	Оценка			
		«2»	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
			«3»	«4»	«5»
ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	31	Обучающийся не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Обучающийся поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Обучающийся хорошо знает грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос; все.	Обучающийся в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
	У1	Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий

Код компетенции по ОПОП	Код показателя оценивания	Оценка			
		«2»	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
			«3»	«4»	«5»
		заданий			
	V1	Не владеет навыками, большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Посредственно владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Хорошо владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Отлично владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**8.5.3. Критериями оценивания уровня освоения компетенций по дисциплине являются:**

Показатели оценивания	Критерии оценивания
Знать	Знание терминов и определений, понятий
	Знание основных принципов, закономерностей и соотношений
	Объём освоенного материала, усвоение всех дидактических единиц (разделов)
	Полнота ответов
	Правильность ответов
	Чёткость изложения и интерпретации знаний
Уметь	Освоение методик - умение решать (типовые) практические задачи, выполнять (типовые) задания
	Умение использовать теоретические знания для выбора методики решения задач, выполнения заданий
	Умение проверять решение и анализировать результаты
	Умение качественно оформлять (презентовать) решения задач и выполнения заданий
Владеть	Приемы решения стандартных/нестандартных задач
	Быстрота выполнения трудовых действий Объём выполненных заданий
	Качество выполнения трудовых действий
	Самостоятельность планирования выполнения трудовых действий

## 9. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная литература

1. Абрамов А.А. Собрание сочинений. Том 1. Обогащительные процессы и аппараты. М.: Изд-во «Горная книга», 2010. С. 470;
2. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 1 Обогащительные процессы: Учебник для вузов. 4- изд., стер.: М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2016. – 417 с.

3. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 2 Технологии обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов. 4- изд., стер.: М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2017. – 310 с.
  4. Авдохин В.М. Обогащение углей. Том 1. Процессы и машины, М.: Изд-во «Горная книга», 2012.- С. 424;
  5. Александрова Т.Н., Кусков В.Б., Львов В.В., Николаева Н.В. Обогащение полезных ископаемых: Учебник для ВУЗов.- СПб: РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 2015. - С 144;
  6. Александрова Т.Н. Основы обогащения полезных ископаемых. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2014 - С.195
  7. Тихонов О.Н., Андреев Е.Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: Учебник для ВУЗов. – СПб: РИЦ СПГГИ (ТУ), 2008.- 2007, С. 439;
  8. Федотов К.В., Никольская Н.И. Проектирование обогатительных фабрик: Учебник для ВУЗов. - М.: Изд-во «Горная книга», 2012 – С. 536;
- б) дополнительная литература**
9. Вайсберг Л.А. Вибрационные дробилки / Л.А. Вайсберг, Л.П. Зарогатский, В.Я. Туркин; ВСЕГЕИ. СПб, 2004. 306 с.
  10. Вайсберг Л.А. Просеивающие поверхности грохотов / Л.А. Вайсберг, А.Н. Картавый, А.Н. Коровников; ВСЕГЕИ. СПб, 2005. 251 с.
  11. Донченко А.С. Справочник механика рудоподготовительной фабрики. А.С. Донченко, В.А. Донченко 2-е изд. перераб. и доп. М.: Недра, 1986. 559 с.
  12. Линч А.Д. Циклы дробления и измельчения. Моделирование, оптимизация, проектирование и управление: Пер. с англ. М.: Недра, 1981. 343 с.
  13. Олейников В.А. Автоматическое управление процессами в горно-обогатительной промышленности./ В.А. Олейников, О.Н. Тихонов Л.: Недра, 1966. 356 с.
  14. Протасов Ю.И. Теоретические основы механического разрушения горных пород. М.: Недра, 1985. 242 с.
  15. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы /Под. ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 366 с.
  16. Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики /Под. ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненароковой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 358 с.
  17. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы /Под. ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. 384 с.
  18. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 614 с.
  19. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: В 2 книгах /Под ред. О.Н. Тихонова. М.: Недра, 1988. Т.1, 375 с.; Т.2, 344 с.
  20. Тихонов О.Н. Введение в динамику процессов обогатительной технологии. М.: Недра, 1973. 240 с.
  21. Тихонов О.Н. Теория разделения минералов: Учебник для ВУЗов. – СПб: РИЦ СПГГИ (ТУ), 2008.- С. 514;
  22. Тихонов О.Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1984. 208 с.
  23. Тихонов О.Н. Теория и практика комплексной переработки полезных ископаемых в странах Азии, Африки и Латинской Америки / О.Н. Тихонов, Ю.П. Назаров М.: Недра, 1989. 300 с.
  24. Яшин В.П. Теория и практика самоизмельчения / В.П. Яшин, А.В. Бортников М.: Недра, 1978. 229 с.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

<http://www.rsl.ru/>

Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>

Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

Электронная библиотека <http://studentam.net/>

Электронная библиотека <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>

Электронная библиотека <http://www.twirpx.com>

Электронная библиотека <http://www.sciteclibrary.ru/>

Электронная библиотека <http://www.studmed.ru/>

Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Специализированная лаборатория рудоподготовки, оснащенная современным оборудованием:

Щековая дробилка с загрузочным бункером. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LMC100-D. (Германия);

Валковая дробилка усиленная с повышенным давлением модель ДВГУ-АПМ-200Х125. Производитель: ЗАО «АПМ»;

Лабораторный вибрационный грохот Kroosh ULS-1506.12 в комплекте. Производитель: Kroosh Technologies»;

Шаровая мельница для определения энергетических затрат на размолоспособность разнообразных руд в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-VM1000.(Германия);

Стержневая мельница для определения энергетических затрат на размолоспособность разнообразных руд в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-RM1000. (Германия);

Установка для определения индекса абразивности в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-BAT1000 .(Германия);

Установка для испытаний на дробимость в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-BIT1000. (Германия);

Цифровой встряхиватель для сит диаметром 200 мм с комплектом для мокрого отсева. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LMSM-200. (Германия);

Цифровой встряхиватель для сит диаметром 450 мм с комплектом для мокрого отсева. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LMSM-300/450. (Германия);

Сита для отсева из нержавеющей стали диаметром 450 мм, высотой обечайки 100 мм, размером квадратной ячейки 3,35 мм, 4,75 мм, 6,7 мм, 9,5 мм, 12,5 мм, 13,2 мм, 16,0 мм, 19,0 мм, 22,4 мм, 26,5 мм, 31,5 мм, 37,5 мм, 45,0 мм, 50,0 мм, 53,0 мм, 63,0 мм, 75,0 мм. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель Laagmann Test Sieve (Германия);

Лабораторная мельница для тонкого и сверхтонкого измельчения. Фирма «Xstrata Technology» (Экстрата Технолоджи), модель M4 IsaMill. (Германия);

Испытательный ударный тест падающего груза. Фирма «JKTech Pty Ltd», модель JK Drop Weight Tester. (Австралия);

Щековая дробилка с загрузочным бункером. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LMC100-D. (Германия).

## 12. Методические рекомендации по самостоятельной работе аспиранта

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическому занятию и самостоятельному изучению материала, как правило,

предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке прохождения текущего и промежуточного контроля успеваемости.

Для организации и контроля учебной работы используется метод аттестации обучающегося по итогам выполнения текущих аудиторных и самостоятельных (внеаудиторных) работ. Форма промежуточной аттестации: зачёт с оценкой.

При освоении дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» основной формой обучения аспиранта является самостоятельная работа. Опираясь на материал установочной лекции, на рекомендованные основные и дополнительные литературные источники, основываясь на изучении, на самостоятельном анализе и обобщении научных публикаций по заданной индивидуальной теме, связанной с научными проблемами научно-квалификационной работы (диссертации), аспирант должен быть готов к ответам на вопросы по разделам дисциплины.

**Работа с книгой.** Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения и их выводы. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения учебного материала полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в неё формулировки основных понятий дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья», незнакомые термины и названия, выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объём конспектируемого материала.

Изучая дисциплину, полезно обращаться к предметному указателю в конце книги и глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к тестированию, зачёту.

Освоение дисциплины должно обязательно сопровождаться регулярным выполнением заданий, что является одним из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

**Консультации.** Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приёма преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).