


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 программы
аспирантуры
профессор Т.Н. Александрова

УТВЕРЖДАЮ


Декан факультета переработки
минерального сырья
доцент П.А. Петров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	2. Технические науки
Группа научных специальностей:	2.8. Недропользование и горные науки
Научная специальность:	2.8.9. Обогащение полезных ископаемых
Направленность (профиль):	Обогащение полезных ископаемых
Отрасли науки:	Технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	4 года
Составитель:	д.т.н., проф. Т.Н. Александрова

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» составлена в соответствии:

– с требованиями Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов» и Постановления Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре»;

– на основании учебного плана подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых, направленности (профилю) «Обогащение полезных ископаемых».

Составитель:



д.т.н., проф. Т.Н. Александрова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых «26» мая 2022 г., протокол № 11.

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины – формирование у обучающихся знаний об дезинтеграции различных видов минерального (и техногенного) сырья и приобретение навыков применения полученных знаний в инженерной практике.

Основные задачи дисциплины:

- изучить современное состояние процессов дезинтеграции различных видов минерального сырья в России и за рубежом, основные научно-технические проблемы и тенденции;
- способствовать к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области дезинтеграции минерального сырья;
- освоить навыки научно-исследовательской деятельности в области дезинтеграции и различных видов минерального и техногенного сырья.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина является элективной и входит в состав составляющей «Дисциплины (модули), в том числе элективные, факультативные дисциплины (модули), дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов» образовательного компонента программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых, направленности (профилю) «Обогащение полезных ископаемых» и изучается в 3 семестре.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

знать: значение процессов дезинтеграции при переработки минерального сырья; конструкций и принцип действия основных аппаратов для дезинтеграции минерального сырья, особенности использования современных энергоэффективных аппаратов;

уметь: производить сравнительную оценку экономической эффективности применения различных методов рудоподготовки применительно к данному полезному ископаемому; выбирать и определять оптимальные режимы ведения технологического процесса в зависимости от вещественного состава и гранулометрической характеристики полезного ископаемого;

владеть навыками: расчета типовых схем различных видов минерального сырья для дробления, измельчения, классификации полезных ископаемых; анализа устойчивости технологического процесса и качество выпускаемой обогатительной фабрикой продукции.

Уровень владения аспирантом знаниями, умениями и навыками по итогам освоения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета.

Критерии оценивания уровня владения аспирантом знаниями, умениями и навыками по итогам освоения дисциплины приведены в разделе 6 настоящей программы.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» с учетом промежуточной аттестации по дисциплине составляет 72 академических часа, 2 зачётные единицы.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Аудиторные занятия, в том числе:	12	12

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Лекции	4	4
Практические занятия	8	8
Самостоятельная работа аспирантов, в том числе	24	24
Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины	2	2
Подготовка к устным опросам и дискуссиям	10	10
Выполнение индивидуального задания	12	12
Трудоемкость дисциплины	36	36
Вид промежуточной аттестации – дифференцированный зачет (ДЗ)	ДЗ (36)	ДЗ (36)
Общая трудоемкость дисциплины с учетом промежуточной аттестации		
	ак. час.	72
	зач. ед.	2

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Дезинтеграция минерального сырья. Разделение сырья по крупности.	18	2	4	-	12
2.	Процессы дробления и измельчения и способы их интенсификации.	18	2	4	-	12
	Итого:	36	4	8	-	24

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

Дисциплина включает 2 темы, содержание которых направлено на формирование у обучающихся знаний в области теоретических закономерностей процессов подготовки сырья к обогащению, научить особенностям применения различных аппаратов и машин для рудоподготовки полезных ископаемых, привить навыки оценки методов и умения инженерных расчетов аппаратов и схем дробления, измельчения и грохочения, подготовка выпускников к решению профессиональных задач, связанных с методами разделения минералов по физико - механическим свойствам, формирование у студентов современного научного мировоззрения, развитие творческого естественно-научного мышления, ознакомление с методологией научных исследований.

Тема 1. Дезинтеграция минерального сырья. Разделение сырья по крупности.

Назначение процессов дезинтеграции минерального и техногенного сырья. Дробление, измельчение и грохочение. Раскрытие минеральных зерен. 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 работы вибрационных грохотов. Вероятностные и идеальные грохоты. Smart-грохоты и аппараты с повышенной эффективностью и износостойчивостью. Грохоты типа «Банан»; фирмы-производители Metso Minerals, Derric, Kroosh и др. Общие понятия. Назначение процесса классификации. Теоретические принципы свободного и стеснённого падения частиц в различных средах. Гидравлические, механические классификаторы, циклоны и гидроциклоны, воздушные сепараторы. Расчёт и выбор классификаторов.

Самостоятельная работа.

Основные способы разрушения материалов. Факторы, влияющие на эффективность грохочения. Расчёт и выбор грохотов. Способы крепления и очистка сит. Методы расчета скоростей падения частиц в текучих средах.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-3],

дополнительная: [4-6].

Тема 2. Процессы дробления и измельчения и способы их интенсификации.

Физические основы дробления и измельчения. Сущность процессов дробления и измельчения. Современные представления о процессе разрушения хрупких тел. Прочность и твердость горных пород. Способы дробления и измельчения. Дробление крупное, среднее и мелкое. Циклы дробления. Степень дробления и измельчения. Дробилки. Классификация дробильно-измельчительного оборудования. Дробилки раздавливающего действия. 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. Безэксцентриковые 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. Назначение процесса измельчения. Основные виды мельниц. Кинетика измельчения. Уравнения кинетики измельчения. Скоростные режимы - каскадный, водопадный, сверхкритический. 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. Факторы, определяющие производительность мельниц: размеры, частота вращения, измельчающая среда, циркулирующая нагрузка, уровень пульпы.

Самостоятельная работа.

Теория дробления; законы Риттингера, Кирпичева-Кика, Ребиндера, Бонда, Хукки и их взаимная связь. Дробилки ударного действия. Молотковые и роторные дробилки и дезинтеграторы. Схема устройства и принцип действия, степень дробления, производительность, расход энергии и стали, способы автоматического управления. Способы автоматического регулирования дробильных агрегатов. Центробежно-ударные дробилки с вертикальным валом. Дробилки Бармак и Титан-Д. Измельчаемость полезных ископаемых; методы её определения. Схема устройства и принцип действия центробежных и вибрационных мельниц. Мельницы для тонкого и сверхтонкого помола. Мельницы-мешалки. Вертикальные, башенные мельницы. Струйные мельницы. Мельницы ISA-mill. Устройство, область применения. Принцип действия, особенности конструкции и эксплуатации. Техничко-экономические показатели измельчения. Выбор типа и размера мельниц для работы в заданных условиях. Энергоэффективные схемы дезинтеграции минерального и техногенного сырья.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-3],

дополнительная: [4-6].

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении дисциплины «Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального и техногенного сырья» применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки аспирантов.

Цели лекционных занятий:

— дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

— стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия, цель которых углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы аспиранта. На практических занятиях аспиранты делают краткие устные сообщения о результатах самостоятельной работы с последующим обсуждением при участии преподавателя.

Консультации (текущая консультация, накануне дифференцированного зачета) является одной из форм руководства учебной работой аспирантов и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа аспирантов направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточной аттестации.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Проведение текущего контроля успеваемости

Текущий контроль используется для оценки хода и уровня достижения аспирантом планируемых результатов освоения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса, консультирования аспирантов и проверки выполнения самостоятельной работы.

Основными формами текущего контроля по дисциплине являются:

- устный опрос аспиранта по контрольным вопросам (устный ответ);
- участие аспиранта в дискуссиях по темам дисциплины (устный ответ).

6.2. Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

Тема 1. «Дезинтеграция минерального сырья. Разделение сырья по крупности»

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?

Тема 2. «Процессы дробления и измельчения и способы их интенсификации»

17. Перечислите все дробилки ударного действия.
18. От чего зависит производительность валковых дробилок?
19. Какова область применения дробилок ударного действия?
20. Какая из дробилок ударного действия имеет наибольшую степень сокращения?
21. От чего зависит мощность молотковых и роторных дробилок?
22. Какая из барабанных шаровых мельниц имеет при прочих равных условиях большую производительность?
23. Какой скоростной режим работы барабанной мельницы даёт более тонкий помол?
24. Чему равняется критическая частота вращения барабанной мельницы?
25. При какой футеровке барабанной мельницы получается более тонкий помол?
26. Какая футеровка (материал) имеет более высокий срок службы?

27. Какие питатели применяются для подачи материала в шаровые барабанные мельницы?

28. Как устроена мельница МШР?

6.3. Критерии оценивания устных ответов аспирантов

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке устного ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Оценка «зачтено» за устный ответ ставится, если аспирант:

- 1) ориентируется в излагаемом материале, владеет базовой терминологией в объеме, предусмотренном рабочей программой дисциплины;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, подкрепляет теоретические положения примерами;
- 3) умеет структурировать содержание ответа в соответствии с поставленным вопросом;
- 4) не допускает (или допускает немногочисленные негрубые) ошибки при анализе языковых фактов; способен исправить допущенные им ошибки при помощи уточняющих вопросов преподавателя.

6.4. Порядок проведения дифференцированного зачета

Дифференцированный зачет используется для оценки соответствия результатов освоения дисциплины аспирантом. Дифференцированный зачет проводится в два этапа:

- тестирование. После успешного прохождения тестирования аспирант допускается до следующего этапа.

- устное собеседование по материалам дисциплины с выставлением оценок.

6.4.1. Примерные тестовые задания к зачету:

Вариант № 1

1.	В схемах рудоподготовки не предусматривается дробление и измельчение при обогащении:	1. Сульфидных медных руд. 2. Россыпей благородных металлов. 3. Железных руд. 4. Апатитовых руд.
2.	Максимальная крупность дробленого продукта перед самоизмельчением не должна превышать:	1. 20-30мм. 2. 40-50мм. 3. 10-20мм. 4. 300-350мм.
3.	Минимальная крупность измельченной руды определяется, прежде всего:	1. Ее плотностью. 2. Ее твердостью. 3. Содержанием ценного компонента. 4. Крупностью вкрапления полезного компонента.
4.	Одностадиальные схемы измельчения применяются при...	1. Для руд, не допускающих из-за высокой влажности и глинистости мелкого дробления (до 10–13 мм), требуемого для шаровых мельниц, а также склонных к переизмельчению.

		<p>2. Для моно- и полиметаллических руд, не склонных к переизмельчению и ошламованию, с крупной и равномерной вкрапленностью полезных минералов (или с их агрегатным срастанием).</p> <p>3. При неблагоприятном соотношении объемов мельниц II и I стадий и необходимости улучшения использования объема мельниц I стадии измельчения.</p> <p>4. При необходимости получения более тонкозмельченного продукта или использования межциклового флотации.</p>
5.	Двухстадиальная схема измельчения в стержневых и шаровых мельницах с одним или двумя приемами классификации применяется...	<p>1. Для руд, не допускающих из-за высокой влажности и глинистости мелкого дробления (до 10–13 мм), требуемого для шаровых мельниц, а также склонных к переизмельчению.</p> <p>2. Для моно- и полиметаллических руд, не склонных к переизмельчению и ошламованию, с крупной и равномерной вкрапленностью полезных минералов (или с их агрегатным срастанием).</p> <p>3. При неблагоприятном соотношении объемов мельниц II и I стадий и необходимости улучшения использования объема мельниц I стадии измельчения.</p> <p>4. При необходимости получения более тонкозмельченного продукта или использования межциклового флотации.</p>
6.	Схемы с частично замкнутым циклом в I стадии измельчения применяют...	<p>1. Для руд, не допускающих из-за высокой влажности и глинистости мелкого дробления (до 10–13 мм), требуемого для шаровых мельниц, а также склонных к переизмельчению.</p> <p>2. Для моно- и полиметаллических руд, не склонных к переизмельчению и ошламованию, с крупной и равномерной вкрапленностью полезных минералов (или с их агрегатным срастанием).</p> <p>3. При неблагоприятном соотношении объемов мельниц II и I стадий и необходимости улучшения использования объема мельниц I стадии измельчения.</p> <p>4. При необходимости получения более тонкозмельченного продукта или использования межциклового флотации.</p>
7.	Схемы с замкнутым циклом в I стадии измельчения применяют ...	<p>1. Для руд, не допускающих из-за высокой влажности и глинистости мелкого дробления (до 10–13 мм), требуемого для шаровых мельниц, а также склонных к переизмельчению.</p> <p>2. Для моно- и полиметаллических руд, не склонных к переизмельчению и ошламованию, с крупной и равномерной вкрапленностью полезных минералов (или с их агрегатным срастанием).</p> <p>3. При неблагоприятном соотношении объемов мельниц II и I стадий и необходимости улучшения использования объема мельниц I стадии измельчения.</p>

		<p>ния.</p> <p>4. При необходимости получения более тонкозмельченного продукта или использования межциклового флотации.</p>
8.	Схемы с рудно-галечным измельчением применяют ...	<p>1. При высокой стоимости шаров и возможности выделения из руды в необходимых количествах рудной гали более целесообразны при переработке руд с тонкой вкрапленностью минералов.</p> <p>2. При переработке медных и медно-молибденовых руд, особенно на фабриках большой производительности.</p> <p>3. При переработке руд с неустойчивыми физическими свойствами.</p> <p>4. При неблагоприятном соотношении объемов мельниц II и I стадий и необходимости улучшения использования объема мельниц I стадии измельчения.</p>
9.	Схемы с само- и полусамоизмельчением применяют ...	<p>1. При высокой стоимости шаров и возможности выделения из руды в необходимых количествах рудной гали более целесообразны при переработке руд с тонкой вкрапленностью минералов.</p> <p>2. При переработке медных и медно-молибденовых руд, особенно на фабриках большой производительности.</p> <p>3. При переработке руд с неустойчивыми физическими свойствами.</p> <p>4. При неблагоприятном соотношении объемов мельниц II и I стадий и необходимости улучшения использования объема мельниц I стадии измельчения.</p>
10.	Схема с включением между стадиями дробилки мелкого дробления применяется ...	<p>1. При высокой стоимости шаров и возможности выделения из руды в необходимых количествах рудной гали более целесообразны при переработке руд с тонкой вкрапленностью минералов.</p> <p>2. При переработке медных и медно-молибденовых руд, особенно на фабриках большой производительности.</p> <p>3. При переработке руд с неустойчивыми физическими свойствами.</p> <p>4. При неблагоприятном соотношении объемов мельниц II и I стадий и необходимости улучшения использования объема мельниц I стадии измельчения.</p>
11.	Одностадиальную схему дробления (крупное дробление) часто без предварительного грохочения используют	<p>1. При последующем самоизмельчении или полусамоизмельчении (с добавками 4–8 % шаров) руды.</p> <p>2. При дроблении влажной, глинистой и заснеженной руды открытой добычи.</p> <p>3. При переработке руд с благоприятными для дробления и транспортирования физическими свойствами.</p> <p>4. При переработке медных и медно-</p>

		молибденовых руд, особенно на фабриках большой производительности.
12.	Схемы с подсушкой части рудного потока применяют	<ol style="list-style-type: none"> 1. При последующем самоизмельчении или полу-самоизмельчении (с добавками 4–8 % шаров) руды. 2. При дроблении влажной, глинистой и заснеженной руды открытой добычи. 3. При переработке руд с благоприятными для дробления и транспортирования физическими свойствами. 4. При переработке медных и медно-молибденовых руд, особенно на фабриках большой производительности.
13.	Схема РОГ применяется	<ol style="list-style-type: none"> 1. При последующем самоизмельчении или полу-самоизмельчении (с добавками 4–8 % шаров) руды. 2. При дроблении влажной, глинистой и заснеженной руды открытой добычи. 3. При переработке руд с благоприятными для дробления и транспортирования физическими свойствами. 4. При переработке медных и медно-молибденовых руд, особенно на фабриках большой производительности.
14.	Задача подготовительных процессов обогащения:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить крупность руды. 2. Высушить руду. 3. Разъединить полезный компонент и пустую породу. 4. Увлажнить руду.
15.	Наивысшую эффективность имеют грохоты:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вибрационные. 2. Барабанные. 3. Валковые. 4. Неподвижные колосниковые.
16.	Процесс классификации основан на:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Различия в шероховатости крупных и мелких зерен. 2. Различия в упругости крупных и мелких зерен. 3. Различия в цвете крупных и мелких зерен. 4. Различия в скоростях осаждения крупных и мелких зерен.
17.	Наименьшие энергозатраты при разрушении руд получают при следующем виде деформации:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Удар. 2. Растяжение. 3. Изгиб. 4. Истирание.
18.	Щековые дробилки применяются для:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Крупного дробления. 2. Мелкого дробления. 3. Тонкого измельчения. 4. Грубого измельчения.
19.	Наиболее эффективной является работа мельницы в режиме:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каскадный. 2. Близкий к критическому. 3. Водопадный. 4. Смешанный.
20.	Мокрое самоизмельчение	<ol style="list-style-type: none"> 1. Шаровых.

	осуществляется в мельницах:	2. Стержневых. 3. Аэрофол. 4. Каскад.
--	-----------------------------	---

Вариант № 2

1.	При рудном самоизмельчении мелющей средой является:	1. Стальные шары. 2. Куски самой неклассифицированной руды. 3. Стальные стержни. 4. Куски другого твердого материала.
2.	Положительное влияние циркулирующей нагрузки на производительность мельницы связано с ...	1. Ускорением продвижения материала в мельнице. 2. Повышением суммарной загрузки мельницы. 3. Снижением плотности пульпы в мельнице. 4. Повышением содержания крупного класса в мельнице.
3.	Мельница первой стадии может эффективно работать в открытом цикле, если она	1. Работает при низком содержании в ней крупного класса. 2. Не выдаёт готового продукта. 3. Работает при высоком содержании в ней твёрдого. 4. Работает на повышенной частоте вращения барабана.
4.	При мокром измельчении по сравнению с сухим..	1. Больше потребляемая энергия в расчёте на 1 т материала. 2. Ниже на 15% производительность мельниц. 3. Большой износ мелющих тел. 4. Большие затраты на измельчение.
5.	При выходе концентрата 8%, извлечении 90% и содержании в нём металла 60%, массовая доля металла в руде составит	1. 15%. 2. 10%. 3. 5,33%. 4. 8%.
6.	Эффективность грохочения при содержании нижнего класса в исходном материале 40% и в верхнем классе 10% составит	1. 83,5%. 2. 90%. 3. 78%. 4. 80%.
7.	При содержании нижнего класса в надрешётном продукте 10% и выходе подрешётного продукта – 40%, эффективность грохочения равна:	1. 80 %. 2. 87 %. 3. 85 %. 4. 90 %.
8.	Каков будет выход затрудняющих зёрен в смеси при равномерном распределении классов крупности и $D_{max} = 500$ мм; грохочение идёт по крупности 200 мм.	1. 15%. 2. 25%. 3. 20%. 4. 10%.
9.	Хуже всего шаровые мельницы измельчают при следующем режиме работы:	1. Каскадный. 2. Близкий к критическому. 3. Водопадный. 4. Критический.

10.	Сухое самоизмельчение осуществляется в мельницах:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Шаровых. 2. Стержневых. 3. Аэрофол. 4. Трубных.
11.	Степень концентрации - показывает во сколько раз увеличивается содержание полезного компонента по сравнению с...	<ol style="list-style-type: none"> 1. С другими показателями. 2. С эффективностью. 3. С содержанием в исходном продукте. 4. С частным выходом.
12.	Эффективность грохочения - это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Извлечение мелкого класса в подрешетный продукт. 2. Выход верхнего класса. 3. Выход мелкого класса. 4. Извлечение мелкого класса в надрешетный продукт.
13.	«Лёгкими» зёрнами при грохочении называют зёрна, размер которых (d) и размер отверстий сита (a) связаны как:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $d \approx 1,1a$. 2. $d \leq 0,75a$. 3. $0,75 a \leq d \leq a$. 4. $d \approx a$.
14.	Наивысшую эффективность имеют грохоты:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вибрационные. 2. Барабанные. 3. Валковые. 4. Неподвижные колосниковые.
15.	Для крупного грохочения обычно используют:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Барабанные грохота. 2. Гириционные грохоты. 3. Неподвижные колосниковые грохоты. 4. Вибрационные грохоты.
16.	Основным недостатком неподвижных грохотов является:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сложность конструкции. 2. Очень короткий срок службы. 3. Низкая эффективность грохочения. 4. Высокие эксплуатационные затраты.
17.	При двухстадиальном измельчении оптимальное соотношение объёмов мельниц в первой и второй стадиях составляет	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1:1. 2. 1:1,5. 3. 2:1. 4. 1:2.
18.	Какова средняя крупность смеси при равномерном распределении классов крупности и максимальном куске 500 мм ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 250 мм. 2. 300 мм. 3. 225 мм. 4. 350 мм.
19.	Указать выход класса -30+20 мм для смеси с максимальной крупностью куска 50 мм и при равномерном распределении частиц.	<ol style="list-style-type: none"> 1. 15 %. 2. 20 %. 3. 10 %. 4. 25 %.
20.	Выход любого класса крупности можно определить по ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. Суммарной характеристике крупности. 2. Частной характеристике крупности, построенной на верхней границе крупности класса. 3. Частной характеристике крупности, построенной на нижней границе крупности класса.

6.4.2. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к устному дифференцированному зачету:

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 наиболее выгодная 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 дроблённого продукта в дробилках КМД?

38. Как происходит защита дробилок КМД от поломок при попадании недробимых предметов?
39. Каков коэффициент закрупления 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. Какова обычно частота вращения барабана в долях от критической?
55. Оптимальная степень заполнения мельниц мелющими телами равняется.
56. Как осуществляется подгрузка шаров с целью компенсации износа при регулярном способе?
57. Как осуществляется подгрузка шаров с целью компенсации износа при рациональном способе?
58. Напишите уравнение кинетики измельчения В.В. Товарова.
59. В каких единицах измеряется удельная производительность мельниц?
60. От каких факторов зависит удельная производительность мельниц по готовому классу крупности?
61. Назовите преимущества мокрого измельчения по сравнению с сухим.
62. Как получить тонкий помол при одностадийном измельчении?
63. Как борются с «критическими» классами крупности при самоизмельчении?
64. Какова роль циркулирующей нагрузки на производительность мельницы?
65. В каких случаях может эффективно работать в первой стадии барабанная мельница в открытом цикле?
66. В каких единицах измеряется плотность пульпы?
67. Как рассчитать величину разжижения в продукте?
68. Как определить содержание твёрдого в пульпе?
69. Как измеряется циркулирующая нагрузка в агрегате замкнутого цикла?
70. Как влияет масса мелющих тел на производительность мельниц?
71. Каков характер зависимости производительности мельниц от частоты вращения барабана?
72. Каков приблизительно расход футеровки при дроблении в дробилках КСД и КМД?
73. Может ли при грохочении происходить обогащение материала?
74. Какие типы просеивающих поверхностей применяются при грохочении?
75. Какова масса пробы для ситового анализа при максимальной крупности 0,5 мм?
76. Что такое индекс чистой работы по Бонду?
77. От чего зависит установочная мощность щековых дробилок?
78. Каков выход класса – 30 + 20 мм для смеси с максимальной крупностью куска 50 мм и при равномерном распределении частиц?

79. 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 %?
80. Какова должна быть величина приёмного отверстия дробилки, если максимальная крупность в питании составляет 1000 мм?
81. Какова средняя крупность смеси при равномерном распределении классов крупности и максимальном куске диаметром 500 мм?
82. Каков будет выход затрудняющих зёрен в смеси при равномерном распределении классов крупности и максимальном куске 500 мм, если грохочение идёт по классу 200 мм?
83. Каков будет выход трудных зёрен при равномерном распределении классов крупности и максимальном куске 1500 мм, если грохочение идёт по классу 500 мм?
84. Как определить эффективность грохочения на работающем промышленном грохоте?
85. Чему равняется эффективность грохочения при содержании нижнего класса в надрешётном продукте 10 % и выходе подрешётного продукта 40 %?
86. При расчёте было выбрано две дробилки производительностью 550 м³/ч каждая. Каков будет коэффициент загрузки при общей производительности 800 м³/ч?
87. Что обозначает понятие «число меш»?
88. Где применяются барабанные грохоты?
89. В чём особенность вероятностных грохотов?
90. В чём преимущества и недостатки способа грохочения от крупного к мелкому по сравнению с другими способами?
91. В чём главное отличие планетарной мельницы от других?
92. Какие мелющие тела (материал) используются в барабанных мельницах?
93. Назовите типы и принцип работы мельницы для тонкого и сверхтонкого измельчения.
94. В каких стадиях измельчения возможно использовать мельницы тонкого и сверхтонкого измельчения.
95. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора щековых и конусных дробилок.
96. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора шаровых и стержневых мельниц.
97. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета и выбора мельниц само/полусамоизмельчения.
98. Назовите наиболее широко используемые тесты для расчета абразивного износа основных органов рудоподготовительного оборудования.
99. Приведите примеры использования операций тонкого и сверхтонкого грохочения в циклах рудоподготовки на обогатительных фабриках?
100. Назовите основные типы грохотов для тонкого и сверхтонкого грохочения.
101. В каких единицах измеряются индексы чистой работы Бонда?
102. Расскажите принцип работы и примеры использования ИВВД.

6.5. Критерии и процедура оценивания результатов дифференцированного зачета

После написания теста выставляется оценка в соответствии с критериями.

Оценка	Описание
Зачтено	Аспирант в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. Количество правильных ответов не менее 65 %.
Не зачтено	Аспирант не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы. Количество правильных ответов менее 65 %.

После успешного прохождения тестирования аспирант допускается к устному зачету. Аспирант, получивший оценку «не зачтено» на тестировании не допускается до второго этапа промежуточной аттестации. Оценки за зачет выставляются, исходя из следующих критериев:

— **«отлично»**: если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал лекций и демонстрирует это в ответах, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, использует обширный материал разнообразных источников, излагает свою позицию, хорошо ее объясняя и обосновывая;

— **«хорошо»**: если обучающийся твердо знает программный материал, не допускает существенных неточностей в его изложении, использует ограниченный круг источников, вместо своей позиции излагает одну из стандартных, не подкрепляя ее хорошо подобранными обоснованиями;

— **«удовлетворительно»**: если обучающийся поверхностно усвоил основной материал лекций, не знает деталей, допускает неточности, привлекает мало материала из источников, пользуясь, в основном, стандартными учебниками и формулировками;

— **«неудовлетворительно»**: если обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет или, по существу, не выполняет задания.

Оценки по результатам проверки ответов объявляются обучающимся и заносятся в зачетную ведомость.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

7.1. Основная литература

1. Федотов К.В., Никольская Н.И. Проектирование обогатительных фабрик. М.: Издательство «Горная книга», 2-е изд., 2014. – 536 с.

2. Андреев Е.Е. Тихонов О.Н. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению. Учебник. СПбГГТУ, 2007 г.

3. Тихонов О.Н. Теория разделения минералов. Учебник. СПбГГТУ, 2008 г.

7.2. Дополнительная литература

4. A. Gupta and D.S. Yan Mineral Processing Design and Operations. An Introduction. ELSEVIER.2008.

5. Энергоэффективные технологии дезинтеграции минерального сырья: Методические указания к практическим занятиям для аспирантов по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых, направленность (профиль): Обогащение полезных ископаемых/ Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: Т.Н. Александрова, В.Б. Кусков, СПб, 2018. 44 с.

6. 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.

7.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

— Методические указания для самостоятельной работы аспирантов;

— Методические указания по практическим занятиям.

7.4. Ресурсы сети «Интернет»

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».

2. Библиотека ГОСТов www.gostrf.com.

3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>
4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>
5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>
6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>, <http://www.tehlit.ru/>.
7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

7.5. Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
- ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>
- Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL» <https://informsystema.ru>
- Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

7.6. Информационные справочные системы:

1. Система ГАРАНТ: информационный правовой портал [Электронный ресурс]. – Электр.дан. <http://www.garant.ru/>
2. Консультант Плюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. www.consultant.ru/
3. ООО «Современные медиа-технологии в образовании и культуре». <http://www.informio.ru/>.
4. Программное обеспечение Норма CS «Горное дело и полезные ископаемые» <https://softmap.ru/normacs/normacs-gornoe-delo-i-poleznye-iskopaemye/>
5. Информационно-справочная система «Техэксперт: Базовые нормативные документы» <http://www.cntd.ru/>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Аудитории для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Аудитория для проведения лекционных занятий: 69 посадочных мест, Стул – 70 шт., стол – 21 шт., доска маркерная – 2 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

Аудитория для самостоятельной работы, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: 13 посадочных мест, Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт.,

дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.