



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
И.А. Пыталев

07.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ГРАВИТАЦИОННЫЙ МЕТОД ОБОГАЩЕНИЯ

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Обогащение полезных ископаемых

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
27.02.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой



И.А. Гришин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
07.02.2025 г. протокол № 4

Председатель



И.А. Пыталев

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры ГМДиОПИ, док. техн. наук



О.Е. Горлова

Рецензент:

ведущий специалист ООО «Уралхимсервис» , канд. техн. наук



В.Ш. Галямов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 - 2032 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Гравитационный метод обогащения» является: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело (Обогащение полезных ископаемых).

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Гравитационный метод обогащения входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Прикладная механика

Обогащение полезных ископаемых

Химия флотореагентов

Геология

Геолого-технологическая оценка минерального сырья

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Вспомогательные процессы

Проектирование обогатительных фабрик

Технология обогащения полезных ископаемых

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная - преддипломная практика

Исследование руд на обогатимость

Моделирование процессов и схем

Основы научных исследований

Инновационная деятельность горных предприятий

Внутрифабричный транспорт и сооружения

Инновационные проектные решения

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Гравитационный метод обогащения» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способен осуществлять техническое руководство работами по обогащению полезных ископаемых и подготовке сырья к обогащению, выбирать технологию обогащения и рассчитывать необходимые технологические параметры
ПК-3.1	Определяет организационные и технические меры по выполнению производственных заданий в отделениях вспомогательных, подготовительных и основных операций по переработке сырья
ПК-3.2	Контролирует ведение процесса переработки сырья, организует безопасную работу персонала обогатительных фабрик и дробильно-сортировочных установок
ПК-3.3	Оптимизирует режимы работы оборудования, используя теоретические основы методов обогащения полезных ископаемых

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 95,6 акад. часов;
- аудиторная – 90 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,6 акад. часов;
- самостоятельная работа – 84,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Раздел «Теоретические основы гравитационных процессов»								
1.1 1.1.1. Тема «Общие сведения о гравитационном методе обогащения, его роли в ОПИ. Классификация гравитационных процессов»	7	1			2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Решение домашних задач.	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домаш-них задач	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.2 1.2.1. Тема «Свойства минералов и свойства сред, используемых в гравитационном ме-тоде»		1	2		6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Решение домашних задач.	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домаш-них задач	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.3 1.3.1. Тема «Общие закономерности движе-ния зерен в средах»		1	2		8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка лабораторному за-нятию. Решение домашних за-дач.	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домаш-них задач	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.4 1.4.1. Тема «Равнопадающие зерна, коэф-фициент равнопадаемости»		1	2		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домаш-	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

						лабораторному занятию. Решение домашних задач.	них задач	
1.5 1.5. Тема «Стесненное падение тел»	7	1	2	2	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка лабораторному занятию. Решение домашних задач.	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домашних задач	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		5	8	2	26			
2. 2. Раздел «Гидравлическая классификации»								
2.1 2.1. Тема «Назначение и область применения гидравлической классификации»	7			4	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию. Решение домашних задач.	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домашних задач.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
2.2 2.2. Тема «Гидравлическая классификация под действием силы тяжести. Гидравлические классификаторы»			4		2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию. Решение домашних задач.	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домашних задач.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
2.3 2.3. Тема «Классификация в поле действия центробежной силы»		2	2		2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		2	6	4	10			
3. 3. Раздел «Обогащение в тяжелых средах»								
3.1 3.1. Тема «Общие сведения об обогащении в тяжелых средах. Виды тяжелых сред и их свойства»	7	2	2	2	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию. Решение	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домашних задач.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

						домашних задач.		
3.2 3.2. Тема «Конструкции и область приме-нения аппаратов для обогащения в сус-пензиях»	7	2			4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
3.3 3.3. Тема «Приготовление и регенерация суспензий. Практика обогащения в суспензиях»		2	2		2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		6	4	2	10			
4. 4. Раздел «Гидравлическая отсадка»								
4.1 4.1. Тема «Общие понятия и терминология, гипотезы отсадки. Циклы отсадки»	7	2			2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
4.2 4.2. Тема «Отсадочные машины»		2	2		4	Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ. Проверка решения домаш-них задач	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
4.3 4.3. Тема «Практика применения отсадки»		1		2	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Устный опрос.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		5	2	2	8			
5. 5. Раздел «Обогащение в потоке воды, те-кущем по наклонной поверхности»								
5.1 Теоретические основы обогащения в потоке воды, текущем по наклонной поверхности	7	2			2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
5.2 Обогащение на шлюзах		2	2	4	6,7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

5.3 Обогащение на концентрационных столах	7	2	2		6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
5.4 Обогащение на винтовых аппаратах		2	2		2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
5.5 Обогащение на струйных аппаратах		1			2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		9	6	4	18,7			
6. 6. Раздел «Обогащение в центробежных аппаратах»								
6.1 Обогащение в циклонах	7	2	2		2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
6.2 Обогащение в центробежных концентраторах		2	2	4	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		4	4	4	4			
7. 7. Раздел «Промывка»								
7.1 7.1. Тема «Общие сведения о промывке. Природа связности глин»	7	1	2		1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
7.2 7.2. Тема «Аппараты для промывки руд»		1			4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

						занятию.		
Итого по разделу		2	2		5			
8. 8. Раздел «Пневматическое обогащение»								
8.1 8.1. Тема «Общие сведения о пневматическом обогащении»	7	1	2			Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
8.2 8.2. Тема «Пневматическая сепарация»		1			1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
8.3 8.3. Тема «Обогащение в аэросуспензиях»		1	2		2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторному занятию.	Устный опрос. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		3	4		3			
Итого за семестр		36	36	18	84,7		экзамен,кп	
Итого по дисциплине		36	36	18	84,7		экзамен, курсовой проект	

5 Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Гравитационный метод обогащения» применяются традиционная и интерактивная технологии.

Усвоение дисциплины достигается в ходе аудиторных занятий и выполнения студентами различных видов самостоятельной работы. Лекции проходят как в традиционной форме «лекция-информация», так и в форме «лекция-дискуссия» и «семинар-дискуссия» с целью коллективного обсуждения вопроса, проблемы (заранее вынесенных преподавателем на обсуждение) и межгруппового диалога. «Лекция-дискуссия» так проходит в форме научно-практического занятия с заранее поставленной проблематикой и системой докладов студентов длительностью 5-10 минут, а в конце лекции преподаватель подводит итоги самостоятельной работы и выступлений студентов, дополняет или уточняет представленную информацию и формулирует основные выводы.

При проведении лекционных занятий используются: метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением, метод междисциплинарного обучения для использования знаний из разных областей, их группировки и концентрации в контексте конкретной решаемой задачи, учебная дискуссия как метод интерактивного обучения по обсуждению итогов выполнения расчетных заданий и анализу конкретных производственных ситуаций.

Лекционный материал углубляется при самостоятельном изучении материала по темам курса, закрепляется при решении домашних задач и при подготовке выступлений на семинарских занятиях, где разбираются конкретные проектно - компоновочные решения на примере действующих предприятий, при выполнении и защите лабораторных работ. Используются иллюстративные видеоматериалы (видеофильмы, фотографии, аудиозаписи, компьютерные презентации).

В качестве оценочных средств на протяжении изучения дисциплины используются: устный опрос, тестирование, выступление на семинарских занятиях, проверка решения домашних задач, защита лабораторных работ.

Лекционный материал закрепляется в ходе практических и лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. На лабораторных занятиях студенты овладевают экспериментальными приемами работы на различном гравитационном оборудовании, практическими навыками расчета показателей гравитационного обогащения, анализа полученных результатов. При проведении лабораторных работ студенты должны научиться работать на лабораторном оборудовании, уметь правильно организовывать эксперимент, ясно и точно описывать проведенные опыты. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. При проведении практических занятий используется метод Опережающей самостоятельной работы, который заключается в изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях.

Самостоятельная работа студентов построена таким образом, что в процессе работы студенты закрепляют знания, полученные в процессе теоретического обучения, тем самым формируют профессиональные умения и навыки, а также умения исследовательской и творческой деятельности. Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем, в процессе выполнения индивидуальных домашних заданий, при подготовке к промежуточной аттестации. Результаты усвоения материала проверяются в форме экзамена и защиты курсовой работы в 8 семестре.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: учебник : в 2 томах / В. М. Авдохин. — 5-е изд., стер. — Москва: Горная книга, 2021 — Том 1 — 2021. — 420 с. — ISBN 978-5-98672-533-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/248780>
2. Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: учебник / В. М. Авдохин. — 5-е изд., стереотип. — Москва: Горная книга, 2022 — Том 2: Технологии обогащения полезных ископаемых — 2022. — 312 с. — ISBN 978-5-98672-556-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/315125>

б) Дополнительная литература:

1. Суслина, Л. А. Обогащение полезных ископаемых: учебное пособие / Л. А. Суслина. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. — 194 с. — ISBN 978-5-00137-184-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163588>
2. Пантелеева, Н. Ф. Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых : учебно-методическое пособие / Н. Ф. Пантелеева, Д. В. Абрютин, А. Б. Пестриков. — Москва: МИСИС, 2004. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117023>
4. Николаев, А. А. Обогащение полезных ископаемых. Решение практических задач : учебное пособие / А. А. Николаев. — Москва: МИСИС, 2021. — 53 с. — ISBN 978-5-907227-53-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/178077>
4. Костромина, И. В. Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / И. В. Костромина. — Чита: ЗабГУ, 2022. — 168 с. — ISBN 978-5-9293-3022-3. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/363311>

в) Методические указания:

1. Обогащение полезных ископаемых : учебно-методическое пособие / Т. И. Юшина, А. А. Николаев, Т. С. Николаева, А. М. Думов. — Москва : МИСИС, 2020. — 64 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148046>
- 2.. Николаев, А. А. Обогащение полезных ископаемых. Решение практических задач : учебное пособие / А. А. Николаев. — Москва : МИСИС, 2021. — 53 с. — ISBN 978-5-907227-53-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/178077>.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- <https://e.lanbook.com/book/134944> Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых : учебник : в 2 томах / В. М. Авдохин. — 4-е изд., стер. — Москва : Горная книга, 2018 — Том 1 : Обогачительные процессы — 2018. — 420 с. — ISBN 978-5-98672-473-7.
- <https://e.lanbook.com/book/134944> Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых : учебник : в 2 томах / В. М. Авдохин. — 4-е изд., стер. — Москва: Горная книга, 2018 — Том 1 : Обогачительные процессы — 2018. — 420 с.

<http://e.lanbook.com/books/> Абрамов, А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Т.2. Технология переработки и обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс]: учебник для вузов.– М.: Изд-во «Горная книга», 2004. –510 с.– ISBN 5-7418-0242-7.

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории Оснащение аудитории

Лекционная аудитория Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Лаборатория (ауд. 09) 1. Установка для определения скоростей свободного и стесненного падения частиц.

2. Установка для обогащения на гидроциклоне.

3. Установка для обогащения на концентрационном столе.

4. Установка для обогащения на винтовом сепараторе.

5. Установка для обогащения на центробежном концентраторе.

6. Установка для обогащения на отсадочной машине.

7. Установка для разделения материала по крупности на каскадном пирамидальном классификаторе.

Компьютерный класс Персональные компьютеры с пакетом MS Office, с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Учебный фильм «Гравитационное обогащение полезных ископаемых».

Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Приложение 1

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

По дисциплине «Гравитационный метод обогащения» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки к лабораторным, контрольным работам, семинарским занятиям, при решении домашних задач.

Перечень контрольных вопросов для самопроверки

Раздел 1. Теоретические основы гравитационных процессов.

1. Классификация гравитационных процессов.
2. Виды сопротивления сред падающим телам.
3. Конечная скорость падения тел.
4. Определение конечной скорости падения по первому параметру Лященко.
5. Равнопадающие тела.
6. Определение размеров равнопадающих тел по второму параметру Лященко.
7. Стесненные падения тел.

Раздел 2. Общие закономерности движения зерен в средах.

1. Седиментационный анализ.
2. Гидравлическая классификация
3. Гидравлические классификаторы
4. Механические классификаторы
5. Гидроциклоны

Раздел 3. Обогащение в тяжелых средах.

1. Обогащение в тяжелых средах.
2. Колесные сепараторы для обогащения в тяжелых средах.
3. Конусные и барабанные сепараторы для обогащения в тяжелых средах.
4. Фракционный анализ.
5. Обогащение на конусных сепараторах и струйных концентраторах.

Раздел 4. Отсадка.

1. Обогащение отсадкой.
2. Отсадочные машины.
3. Факторы регулировки работы отсадочных машин

Раздел 5. Обогащение в струе воды, текущей по наклонной плоскости.

1. Обогащение на винтовых сепараторах и концентрационных столах.

Раздел 6. Технологические схемы и организация производства на гравитационных фабриках.

1. Технологические схемы обогащения.

Раздел 7. Специальные виды гравитационного обогащения.

1. Промывка, применяемое оборудование.
2. Пневматическое обогащение, используемое оборудование.

Контрольные тесты

Вариант 1

1. Понятие о гравитационном методе обогащения.

- a) Процессы разделения смеси зерен по плотности, крупности и форме частиц.
- b) Процессы разделения смеси зерен по различию в смачиваемости их поверхностей.
- c) Процессы разделения смеси зерен основанное на различии их химических свойств.
- d) Процессы разделения смеси зерен основанное на их способности всплывать.

2. Какие дополнительные силы кроме веса тела в среде могут действовать на зерна при их разделении гравитационным методом?
- а) Центробежные и электромагнитные силы.
 - б) Архимедова сила.
 - в) Инерционные силы.
 - г) Силы молекулярного взаимодействия.
3. Каковы пути снижения нижнего предела крупности разделяемых частиц?
1. Применение аппаратов с воздушной средой.
 2. Применение аппаратов с центробежным полем.
 3. Применение аппаратов с водной средой.
 4. Применение аппаратов с повышенным значением сил трения.
4. Что показывает кривая распределения зольности?
- а) Зольность тяжелых фракций.
 - б) Зольность легких фракций.
 - в) Зольность промежуточных фракций.
 - г) Зольность элементарных слоев угля, расслоенного по плотности.
5. Для определения каких свойств материалов используется пикнометрический метод?
- а) Крупности частиц.
 - б) Плотности частиц.
 - в) Формы частиц.
 - г) Твердости частиц.
6. Какие среды называются вязкими?
- а) Среда, характеризующиеся наличием внутреннего трения.
 - б) Среда не способные растекаться по поверхности.
 - в) Среда, интенсивно взаимодействующие с твердой поверхностью.
 - г) Среда не способные обтекать пузырями.
7. Что такое конечная скорость падения тел в средах?
- а) Скорость, когда тело перемещается без ускорения.
 - б) Скорость в конце падения тела.
 - в) Скорость с увеличивающимся ускорением.
 - г) Скорость в начале падения тела.
8. Условие возникновения турбулентного режима падения тел.
- а) При высокой скорости падения тел.
 - б) При падении мелких тел.
 - в) При падении тел с малой скоростью.
 - г) При падении тел с постоянной скоростью.
9. Второй параметр Лященко.
- а) $\psi \cdot Re$
 - б) ψ / Re
 - в) $\psi \cdot Re^2$
 - г) ψ / Re^2
10. Определение коэффициента равнопадаемости.
- а) Отношение скорости падения к размеру тела.
 - б) Отношение диаметра тела к скорости падения.
 - в) Отношение диаметра тела к площади его поверхности.
 - г) Отношение диаметров зерен легкого и тяжелого минералов, падающих с одинаковой конечной скоростью.
11. Что такое гидравлическая классификация?
- а) Процесс разделения смеси зерен по их форме.
 - б) Процесс разделения смеси зерен на классы крупности в воде.

- c) Процесс разделения смеси зерен по их физико-химическим свойствам.
- d) Процесс выделения мелких зерен.

12. Как изменится крупность слива механического классификатора при разбавлении питания?

- a) Крупность слива не изменится.
- b) Крупность слива увеличится.
- c) Крупность слива уменьшится.
- d) Крупность слива останется постоянной.

13. Что такое цикл отсадки?

- a) Время разгрузки тяжелой фракции.
- b) Время перемещения материала через отсадочную машину.
- c) Период времени от подачи материала до его разделения.
- d) Период времени за который вода совершает восходящий и нисходящий ход.

14. Эффективность процесса обогащения в тяжелых суспензиях.

- a) Ниже эффективности обогащения отсадкой.
- b) Самый эффективный процесс гравитационного метода.
- c) Ниже эффективности пневматического обогащения.
- d) Ниже эффективности обогащения в струйных сепараторах.

15. Область применения шлюзов.

- a) Для извлечения редких и благородных металлов.
- b) Для извлечения несulfидных минералов.
- c) Для удаления глины.
- d) Для обогащения руд цветных металлов.

Вариант 2.

1. Недостатки гравитационного метода.

- a) Дорогой и сложный.
- b) Наличие нижнего предела крупности разделяемых частиц.
- c) Высокая энергоемкость.
- d) Низкая производительность аппаратов.

2. Что является основой для разделения гравитационного метода на различные процессы?

- a) Способ использования различия свойств минералов.
- b) Свойства сред, в которых происходит разделение минералов.
- c) Способ подачи материала в обогатительный аппарат.
- d) Физико-химические свойства минералов.

3. Степень экологической безопасности гравитационного метода в сравнении с флотационным методом.

- a) Гравитационный метод экологически более опасен, чем флотационный.
- b) Гравитационный метод экологически безопасен.
- c) Гравитационный метод экологически менее опасен, чем флотационный.
- d) Экологическая опасность одинакова.

4. Что показывает кривая концентрата?

- a) Зависимость между суммарным выходом всплывших фракций и их зольностью.
- b) Зависимость между суммарным выходом потонувших фракций и их зольностью.
- c) Зависимость между суммарным выходом промпродуктовых фракций и их зольностью.
- d) Выход концентрата.

5. Главная причина ошибок при определении плотности порошкообразных материалов пикнометрическим способом.

- a) Малая навеска.
 - b) Неполное вытеснение пузырьков воздуха.
 - c) Низкая плотность материала.
 - d) Высокая плотность материала.
6. Когда возникает динамический коэффициент вязкости?
- a) В случае динамически подвижных сред.
 - b) В случае неподвижных сред.
 - c) При нагревании сред.
 - d) При создании над средой вакуума.
7. Условие достижения зерном конечной скорости падения.
- a) Когда вес тела в среде больше силы сопротивления среды.
 - b) Когда вес тела в среде равен силе сопротивления среды.
 - c) Когда сила сопротивления среды равна нулю.
 - d) Когда высота падения тел значительна.
8. Что такое параметр Рейнольдса?
- a) Число, характеризующее темп приобретения телом конечной скорости падения.
 - b) Число, характеризующее режим падения тел и преобладание вязкостного или динамического сопротивления.
 - c) Число, указывающее на отсутствие вязкостного сопротивления.
 - d) Число, характеризующее динамическое сопротивление.
9. Для чего используется второй параметр Лященко?
- a) Для определения размеров равнопадающих зерен и коэффициента равнопадаемости.
 - b) Для определения конечной скорости падения тел.
 - c) Для определения коэффициента сопротивления среды.
 - d) Для определения параметра Рейнольдса.
10. Какие тела называются равнопадающими?
- a) Имеющие различные скорости падения.
 - b) Имеющие высокие скорости падения.
 - c) Имеющие одинаковые конечные скорости падения.
 - d) Имеющие низкие скорости падения.
11. Меры для предотвращения коагуляции при производстве седиментационного анализа.
- a) Использовать диспергатор.
 - b) Применять коагулянты.
 - c) Производить непрерывное перемешивание.
 - d) Производить подогрев взвеси.
12. Недостатки спиральных классификаторов.
- a) Малый межремонтный период.
 - b) Низкая производительность.
 - c) Энергоемкость.
 - d) Занимают значительную производительность площадь.
13. Что дает увеличение расхода подрешетной воды в процессе отсадки?
- a) Повышается качество легкой фракции.
 - b) Повышается качество тяжелой фракции.
 - c) Ускоряется процесс отсадки.
 - d) Не влияет на качество продуктов разделения.
14. Чем определяется степень промывистости руд?
- a) Свойствами глины.
 - b) Количеством глины.

- c) Наличием тонкозернистых минералов.
- d) Крупностью руды.

15. Главная особенность технологических показателей, получаемых на концентрационных столах.

- a) Высокая степень концентрации.
- b) Высокая производительность.
- c) Высокий выход тяжелой фракции.
- d) Высокий выход концентрата.

Вариант 3.

1. Преимущества гравитационного метода.

a) Значительная крупность обогащаемого материала и высокая производительность аппаратов.

- b) Возможность разделения ультратонких частиц.
- c) Возможность разделения любых минералов.
- d) Высокая скорость разделения частиц.

2. Что предопределяет возможность использования гравитационного метода обогащения?

- a) Характеристика обогащаемого материала и климатические условия региона.
- b) Инфраструктура региона.
- c) Наличие источников энергоснабжения.
- d) Низкие требования к конечным концентратам.

3. Какова цель фракционного анализа?

- a) Разделение материала по крупности.
- b) Разделение материала по плотности.
- c) Разделение материала по форме частиц.
- d) Разделение материала по цвету.

4. Что показывает кривая породы?

a) Зависимость между суммарным выходом всплывших фракций и их зольностью.

b) Зависимость между суммарным выходом потонувших фракций и их зольностью.

c) Зависимость между суммарным выходом промпродуктовых фракций и их зольностью.

d) Выход концентрата.

5. Что такое вязкость сред?

a) Свойство сред оказывать сопротивление относительно движению элементарных слоев.

b) Свойство сред не растекаться.

c) Свойство сред оказывать сопротивление их испарению.

d) Свойство сред обтекать поверхность частиц.

6. Размерность динамического коэффициента вязкости.

- a) $\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$
- b) $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{с}$
- c) $\text{Па} / \text{с}$
- d) $\text{м}^2 / \text{с}$

7. Время достижения телом конечной скорости падения.

- a) Несколько минут.
- b) Несколько часов.
- c) Несколько секунд.
- d) Доли секунды.

8. Что показывает диаграмма Рейлея?
- a) Зависимость скорости падения от размера тела.
 - b) Зависимость скорости падения от формы тела.
 - c) Зависимость коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса.
 - d) Зависимость коэффициента сопротивления от свойств среды.
9. Для чего используется первый параметр Лященко?
- a) Для определения размеров равнопадающих зерен и коэффициента равнопадаемости.
 - b) Для определения конечной скорости падения тел.
 - c) Для определения коэффициента сопротивления среды.
 - d) Для определения параметра Рейнольдса.
10. Какие дополнительные сопротивления возникают при стесненном падении тел по сравнению со свободным?
- a) Сопротивление за счет силы тяжести.
 - b) Сопротивление за счет инерции частиц.
 - c) Сопротивление за счет вязкости частиц.
 - d) Сопротивление за счет столкновения частиц.
11. Условие, необходимое для обеспечения свободных условий падения частиц при производстве седиментационного анализа.
- a) Перемешивание.
 - b) Обеспечение высокого значения разжиженности пульпы.
 - c) Применение коагулянта.
 - d) Подогрев пульпы.
12. Преимущества гидроциклонов.
- a) Занимают малую производственную площадь и имеют высокую производительность.
 - b) Низкая энергоемкость.
 - c) Значительный срок службы.
 - d) Возможность классификации крупнозернистого материала.
13. Как изменяется частота пульсаций при уменьшении крупности обогащаемого материала?
- a) Уменьшается.
 - b) Увеличивается.
 - c) Не изменяется.
 - d) Остается постоянной.
14. Преимущества пневматического обогащения.
- a) Меньшие капитальные затраты, проще схемы, отсутствие водно-шламового хозяйства.
 - b) Высокая эффективность разделения.
 - c) Возможность обогащения неклассифицированного материала.
 - d) Слабое пылеобразование.
15. Преимущества винтовых сепараторов.
- a) Простота конструкции и надежность в работе.
 - b) Возможность обогащения крупнокускового материала.
 - c) Высокая степень концентрации.
 - d) Низкое энергопотребление.

Вариант 4.

1. Область применения гравитационного метода.

- a) Для разделения зерен, имеющих различную форму.
- b) Для разделения зерен, имеющих различную крупность.

- c) Для разделения зерен, имеющих различную смачиваемость поверхности.
 - d) Для разделения зерен, имеющих различную плотность.
2. Различие в каких свойствах минералов используется при гравитационном методе?
- a) Физико-химические свойства.
 - b) Плотность, крупность и форма частиц.
 - c) Дисперсность и крупность частиц.
 - d) Коэффициент скольжения частиц по поверхности.
3. Для чего используются результаты фракционного анализа?
- a) Для определения эффективности извлечения частиц.
 - b) Для определения степени обогатимости и составления теоретических балансов продуктов обогащения.
 - c) Для определения выхода тяжелой фракции.
 - d) Для определения выхода легкой фракции.
4. Что показывает кривая плотности?
- a) Зависимость между суммарным выходом потонувших фракций и их зольностью.
 - b) Зависимость между суммарным выходом всплывших фракций и их зольностью.
 - c) Зависимость между суммарным выходом промпродуктовых фракций и их зольностью.
 - d) Плотность фракций.
5. Что такое силы внутреннего трения?
- a) Силы, возникающие внутри среды.
 - b) Силы, возникающие при скольжении слоев жидкости.
 - c) Силы, возникающие при обтекании частиц.
 - d) Силы, возникающие при подъеме частиц.
6. Чем характеризуются структурированные суспензии?
- a) Сохраняют сцепление и при отсутствии разности скоростей.
 - b) Обладают повышенной текучестью.
 - c) Неспособностью растекаться.
 - d) Неспособны обтекать частицы.
7. Условие возникновения ламинарного режима падения тел.
- a) Падение крупных тел.
 - b) Падение мелких тел.
 - c) При высокой скорости падения.
 - d) При падении с постоянной скоростью.
8. Первый параметр Лященко.
- a) $\psi \cdot Re$
 - b) ψ / Re
 - c) $\psi \cdot Re^2$
 - d) ψ / Re
9. Зерна какой формы имеют наибольшую скорость падения?
- a) Плоские.
 - b) Угловатые.
 - c) Шарообразные.
 - d) Прямоугольные.
10. Почему скорость падения частиц в естественных условиях меньше, чем в свободных?
- a) За счет вязкости среды.
 - b) За счет возникновения дополнительных сопротивлений.
 - c) За счет уменьшения силы тяжести.

- d) За счет уменьшения коэффициента сопротивления.
- 11. Недостатки гидроциклонов.
 - a) Высокое энергопотребление и быстрый износ.
 - b) Малая производительность.
 - c) Занимают значительную производительность площадь.
 - d) Невозможность классификации тонкозернистого материала.
- 12. Чему равна максимальная плотность суспензии?
 - a) Половина плотности утяжелителя.
 - b) Плотности утяжелителя.
 - c) Половине суммы плотностей утяжелителя и воды.
 - d) Половине разности плотности утяжелителя и воды.
- 13. Недостатки пневматического обогащения.
 - a) Низкая эффективность, большое пылеобразование и ограниченная крупность обогащаемого материала.
 - b) Высокие капитальные затраты.
 - c) Отсутствие водно-шламового хозяйства.
 - d) Продукты обогащения сухие.
- 14. Главная особенность работы центробежных концентраторов.
 - a) Необходимость высокого разжижения пульпы.
 - b) Высокая энергоемкость.
 - c) Высокое ускорение при вращении ротора.
 - d) Необходимость подачи пульпы с малым разжижением.

Курсовой проект выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя.

Цель выполнения курсового проекта по дисциплине «Гравитационный метод обогащения» состоит в том, чтобы закрепить и углубить практические навыки по обогащению полезных ископаемых гравитационным методом, полученные на лекциях и при выполнении лабораторных работ. В частности, студент должен уметь правильно обосновать технологическую схему гравитационного процесса, выбрать и рассчитать основное и вспомогательное оборудование и рационально разместить его во флотационном цехе.

В процессе выполнения этого проекта студент должен использовать знания, полученные ранее при изучении смежных дисциплин, а также опыт работы и наблюдения при прохождении производственной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, а также литературу по вопросам проектирования обогатительных фабрик.

Заданием на курсовой проект предусматривается разработать проект гравитационного отделения для переработки железного, хромитового, золотосодержащего сырья. В соответствии с заданием необходимо обосновать технологию гравитационного процесса, рассчитать качественно-количественную и водно-шламовую схемы, выбрать и рассчитать основное и вспомогательное оборудование.

Примерное задание на курсовой проект:

Разработать проект гравитационного цеха для обогащения руды. Выбрать и обосновать схему обогащения руды. Сделать расчет качественно-количественной и водно-шламовой схем, а также основного и вспомогательного оборудования (флотомашин, питателей реагентов и контактных чанов). Сделать проект компоновочного решения гравитационного оборудования, план и разрез гравитационного цеха. Исходные данные: массовая доля ценного компонента в руде, %, в концентрате, %, в хвостах, %; крупность измельченной руды и производительность на проектируемом предприятии задает преподаватель.

Курсовой проект выполняется студентами под руководством преподавателя, назначенного кафедрой, перед которым каждый студент отчитывается о выполнении проекта в соответствии с утвержденным графиком и расписанием консультаций.

Курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки объем 35 – 40 страниц рукописного текста и графической части, на которой вычерчивается план и разрез флотационного отделения, чертеж выполняется на листе формата А-1. Выполненный проект защищается студентом перед комиссией преподавателей из 2-3 человек, в состав которой входит руководитель проекта. Дата защиты назначается индивидуально для каждого студента при выдаче задания.

При выполнении курсового проекта перед студентом стоят *следующие задачи*:

1. Отразить развитие данной отрасли промышленности на современном этапе, значение и перспективы развития обогащения.

2. В краткой характеристике обогащения руды привести гранулометрический состав руды, поступающей в отделение измельчения, и характеристику вещественного и химического состава руды. Необходимо также представить таблицы (или кривые) ситового состава, а также данные минералогического состава и химического анализа; основные физические свойства руды и минералов.

3. Выбрать и обосновать схемы измельчения, классификации и обогащения. Разработать (выбрать) практические схемы, применяемые для обогащения заданного типа руды на аналогичных объектах. Дать краткое описание и привести рисунок принятой схемы; указать технологические показатели обогащения. Необходимо обосновать целесообразность применения выбранной схемы обогащения путем ее сравнения с несколькими другими технологическими схемами с указанием их недостатков и преимуществ. Учитывая сложность сравнения всех вариантов, можно ограничиться сравнением двух-трех вариантов схем. Оценить величину вкрапленности полезных минералов и характер их прораствания и их влияние на выбор схемы обогащения, в частности, на выбор числа стадий обогащения. Рассмотреть способность минералов к переизмельчению и ошламование, чтобы обосновать число стадий обогащения и тип выбираемого оборудования. Выбрать качественную схему обогащения.

4. Произвести расчет качественно-количественной схемы.

5. Выполнить расчет водно-шламовой схемы.

6. Выбрать и рассчитать основное оборудование.

7. Кратко описать методы опробования и контроля технологического процесса с использованием средств автоматизации. Следует также кратко описать аппараты (установки), принятые для вспомогательного контроля и регулирования основных параметров технологического процесса обогащения.

8. Изложить основные мероприятия по технике безопасности, направленные на снижение уровня травматизма, улучшения санитарно-гигиенических условий труда работников и др. (ограждения, обеспечение безопасности пуска агрегатов и машин, защита от поражения электрическим током, устройство вентиляции, освещения, защита от шума и вибрации, мероприятия по борьбе с запыленностью и т.д.).

Содержание и оформление пояснительной записки к заданию на курсовое проектирование по гравитации

Во введении отражается развитие данной отрасли промышленности на современном этапе, значение и перспективы развития обогащения. В краткой характеристике обогащения руды приводятся гранулометрический состав руды, поступающей в отделение измельчения, и характеристика вещественного и химического состава руды. В разделе должны быть таблицы (или кривые) ситового состава, а также данные минералогического состава и химического анализа; основные физические свойства руды и минералов. Выбор и обоснование схемы измельчения, классификации и обогащения. В этом разделе

необходимо разработать (выбрать) практические схемы, применяемые для обогащения руд на аналогичных объектах. Дать краткое описание и привести рисунок принятой схемы; указать технологические показатели обогащения. Необходимо обосновать целесообразность применения выбранной схемы обогащения. Для этого выбранная схема сравнивается с несколькими другими технологическими схемами, указываются их недостатки и преимущества. Учитывая сложность сравнения всех вариантов при курсовом проектировании, можно ограничиться сравнением двух-трех вариантов схем.

Величина вкрапленности полезных минералов и характер их прорастания влияют на выбор схемы обогащения, в частности, на выбор числа стадий обогащения. Способность минералов к переизмельчению и ошламование также влияет на число стадий обогащения и на тип выбираемого оборудования. Следует учитывать, что переизмельчение и ошламование вредно во всех случаях и поэтому необходимо применение большого числа стадий обогащения. После анализа всех материалов выбирается качественная схема обогащения. Имея качественную характеристику сырья, рассчитывают качественно-количественную схему обогащения. При оформлении курсового проекта нет необходимости приводить расчет всех узлов схемы; достаточно привести расчет одного узла.

Форма записи качественно-количественной схемы обогащения

№ операций и продуктов	Наименование операций и продуктов	Q, т/ч	γ , %	β , %	ε , %
1	2	3	4	5	6

Исходя из данных качественно-количественного расчета технологической схемы обогащения, составляется итоговый баланс продуктов обогащения.

Расчет водно-шламовой схемы. Цель проектирования и расчета водно-шламовой схемы - обеспечение оптимального отношения Ж:Т в операциях схемы; определение количества воды, добавляемой (или выводимой) в той или иной операции; определение общего расхода воды и составление балансов по воде (общей и свежей). При расчете следует учитывать, что суммарное количество воды, поступающей в процесс, всегда должно быть равным суммарному количеству воды, уходящему из процесса с конечными продуктами. Общая потребность воды для цеха (фабрики) на 10-15 % превышает потребление воды для технологических целей (на смыв полов, промывку аппаратов и т.д.). Полного расчета водно-шламовой схемы в пояснительной записке проводить не требуется. Необходимо показать последовательность расчета, указать расчетные формулы и окончательные результаты расчета. Данные расчета сводятся в отдельную таблицу.

Форма записи водно-шламовой схемы

№ операций и продуктов	Наименование операций и продуктов	Q, т/ч	R	W, м ³ /ч	V, м ³ /ч
1	2	3	4	5	6

Для оптимизации процессов измельчения, классификации, обогащения и т.п. необходимо проводить каждую операцию обработки при получении значения Ж:Т (R). Эти значения берутся исходя из практических или исследовательских данных. Разжижение продуктов осуществляется добавлением воды, что легко осуществимо. Уменьшение отношения Ж:Т требует операций обезвоживания, которые значительно сложнее. Поэтому операции обезвоживания следует вводить в схему в крайних случаях, когда они необходимы для повышения технологических показателей. Нормы расхода дополнительной воды, являются тоже исходными показателями, необходимыми при расчете водно-шламовой схемы. Влажность отдельных продуктов, имеющих относительно

постоянную или колеблющуюся в узких пределах значений величину, также составляет группу исходных показателей для расчета водошламовой схемы.

После всех расчетов на качественную схему обогащения наносятся стрелки к месту подачи воды с указанием ее количества.

На основании технологической схемы обогащения производятся выбор и расчет оборудования. При выборе оборудования решаются в основном два вопроса: 1) выбор типа машин для гравитационного обогащения; 2) определение требуемого количества машин для гравитационного обогащения.

Выбрать и описать вспомогательное оборудование

По результатам выполненных расчетов выполнить проект компоновочного решения машин для гравитационного обогащения, план и разрез гравитационного цеха.

Примерный перечень тем курсового проекта.

Разработать проект гравитационно-магнитного обогащения руд, указанных ниже:

№ варианта	Наименование руды	Производительность, тыс. т/год	Массовая доля, %
1	Магнетитовая руда	4500	33
2	Магнетитовая руда	3000	35
3	Магнетитовая руда	7000	34
4	Магнетитовая руда	6000	31
5	Магнетитовая руда	2500	32
6	Магнетитовая руда	6500	36
7	Магнетитовая руда	10000	30
8	Магнетитовая руда	9000	31
9	Магнетитовая руда	8000	34
10	Магнетитовая руда	7000	33
11	Магнетитомартитовая руда	6000	36
12	Магнетитомартитовая руда	5000	37
13	Магнетитомартитовая руда	4000	34
14	Магнетитомартитовая руда	4500	33
15	Магнетитомартитовая руда	5500	35
16	Магнетитовые кварциты	11000	37
17	Магнетитовые кварциты	10000	36
18	Магнетитовые кварциты	9000	34
19	Магнетитовые кварциты	8000	35
20	Магнетитовые кварциты	7000	38

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-3 Способен осуществлять техническое руководство работами по обогащению полезных ископаемых и подготовке сырья к обогащению, выбирать технологию обогащения и рассчитывать необходимые технологические параметры		
ПК-3.1	Определяет организационные и технические меры по выполнению производственных заданий в отделениях вспомогательных, подготовительных и основных операций по переработке сырья	Контрольные вопросы для оценивания знаний: 1. Промышленные требования к качеству полезных ископаемых. 2. Ценность полезных ископаемых при обогащении их гравитационным методом. 3. Основные задачи гравитационного обогащения, последовательность и методы их решения. 4. Современное состояние гравитационного обогащения полезных ископаемых, роль и место среди других методов обогащения. 5. Теоретические основы гравитационного метода обогащения; 6. Классификация современных гравитационных процессов обогащения твердых полезных ископаемых в различных средах. 7. Области применения каждого из гравитационных процессов и практика гравитационного обогащения различных видов минерального сырья; 8. Факторы, влияющие на обогащение полезных ископаемых гравитационным методом. 9. Гидравлическая классификация: назначение операции на обогатительных фабриках. Гидравлическая классификация в восходящем, горизонтальном, комбинированном потоках. 10. Обогащение полезных ископаемых гидравлической отсадкой: принцип разделения, области применения. Циклы отсадки. 11. Способы разгрузки тяжелой фракции из отсадочных машин. 12. Факторы, влияющие на процесс отсадки. 13. Обогащение в тяжелых средах: принцип разделения, области применения, достоинства и недостатки. 14. Свойства утяжелителей и тяжелых суспензий. Приготовление и регенерация суспензий. 15. Промывка: назначение операции, области применения. Промывистость руд и песков. 16. Обогащение в потоке воды, текущем по наклонной плоскости. Теоретические основы перемещения частиц в безнапорном слабонаклонном потоке воды.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		17. Обогащение на шлюзах: общие сведения, области применения, достоинства и недостатки. 18. Механизм разделения частиц на концентрационных столах. 19. Обогащение на винтовых сепараторах: принцип разделения, области применения, достоинства и недостатки. 20. Обогащение в струйных аппаратах. 21. Обогащение в центробежных аппаратах: общие сведения, области применения 22. Пневматическое обогащение: общие сведения, области применения, достоинства и недостатки. Особенности пневматического обогащения. 23. Технологические схемы и практика гравитационного обогащения различных видов полезных ископаемых.
ПК-3.2	Контролирует ведение процесса переработки сырья, организует безопасную работу персонала обогатительных фабрик и дробильно-сортировочных установок	<i>Зарисовать эскиз оборудования, объяснить принцип его работы и регулировки, обосновать оптимальные параметры его работы, назвать основные достоинства и недостатки:</i> 1. Конструкция и принцип работы механического (спирального) классификатора. Регулировка спиральных классификаторов. 2. Конструкция и принцип работы гидроциклона. Основные параметры, влияющие на работу гидроциклонов. 3. Конструкции и принцип работы конусного и многокамерного гидравлических классификаторов. Области применения, достоинства и недостатки. 4. Диафрагмовые отсадочные машины: принцип работы, область применения. Схемы диафрагмовых отсадочных машин. 5. Беспоршневые отсадочные машины: принцип работы, преимущества, область применения. Схемы беспоршневых отсадочных машин. 6. Конструкции и принцип работы колесных сепараторов для обогащения в водных суспензиях. Области применения, достоинства и недостатки. 7. Конструкции и принцип работы конусных сепараторов для обогащения полезных ископаемых в водных суспензиях. Области применения, достоинства и недостатки. 8. Конструкции и принцип работы барабанных сепараторов для обогащения в водных суспензиях. Области применения, достоинства и недостатки 9. Конструкция и принцип работы трехпродуктового тяжелосредного гидроциклона. Область применения.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		10. Конструкция и принцип работы концентрационного стола. Области применения, достоинства и недостатки. Факторы, влияющие на работу столов. 11. Конструкции и принцип работы подвижных шлюзов. Области применения, достоинства и недостатки. 12. Конструкции и принцип работы шлюзов с орбитальным движением дек («Бартлез Мозли» и «Бартлез Кроссбелт»). Области применения, достоинства и недостатки 13. Конструкция и принцип работы винтового сепаратора. Области применения. Факторы, влияющие на процесс винтовой сепарации. 14. Струйные сепараторы для обогащения полезных ископаемых. 15. Конструкции и принцип работы струйного концентратора и конусного сепаратора. Области применения, достоинства и недостатки. 16. Конструкции и принцип работы бутары и скруббера. Области применения, достоинства и недостатки. 17. Конструкции и принцип работы корытной мойки и башенной мойки. Области применения, достоинства и недостатки. 18. Обогащение в безнапорных центробежных концентраторах. Конструкции аппаратов, области применения, достоинства и недостатки. 19. Конструкции и принцип работы пневматических сепараторов. Области применения, достоинства и недостатки. 20. Конструкция и принцип работы пневматической отсадочной машины. Области применения, достоинства и недостатки. 21. Конструкция и принцип работы сепаратора для обогащения в аэросуспензии. Области применения, достоинства и недостатки.
ПК-3.3	Оптимизирует режимы работы оборудования, используя теоретические основы методов обогащения полезных ископаемых	Практическое задание: Составить технологическую схему гравитационного обогащения, выбрать необходимое оборудование для каждой операции, обосновать оптимальные параметры процессов и режимы работы оборудования для: – обогащения хромовых руд; – обогащения каменного угля; – обогащения оловянных руд; – обогащения золотосодержащих руд;

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		– обогащения окисленных железных руд; – обогащения марганцевых руд; – обогащения песков россыпей редких металлов; – обогащения асбестовых руд. Расчетное задание: 1. Рассчитать производительность спирального классификатора для следующих исходных данных: диаметр спирали 2 м, количество спиралей 2, угол наклона днища классификатора 16°, частота вращения спирали 20 мин^{-1}, массовая доля в сливе класса крупности минус 0,071 мм 65%, плотность классифицируемого материала 3500 кг/м^3, требуемое разжижение слива 2,0. 2. Рассчитать площадь зеркала пульпы в односпиральном классификаторе с диаметром спирали 2 м. 3. Рассчитать производительность гидроциклона и количество гидроциклонов с углом конусности 20°, обеспечивающих объемную производительность $900 \text{ м}^3/\text{ч}$ и номинальную крупность слива 50 мкм. Давление пульпы на входе в гидроциклон 0,1 МПа. 4. Рассчитать производительность диафрагмовой отсадочной машины с рабочей площадью решета 2 м^2 для обогащения золотосодержащей россыпной руды. 5. Рассчитать производительность колесного суспензионного сепаратора с шириной ванны 2 м при обогащении угля крупностью -25+6 мм при массовой доле легкой угольной фракции 60% при плотности суспензии 1500 кг/м^3. 6. Рассчитать производительность одноярусного концентрационного стола с площадью деки $7,5 \text{ м}^2$ для следующих исходных данных: крупность зерен 0,8 мм, плотность руды $3,2 \text{ т/м}^3$, плотность полезного минерала $12,0 \text{ т/м}^3$, плотность породы $2,7 \text{ т/м}^3$. 7. Определить по методу Лященко П.В. конечную скорость падения зерна шарообразной формы в воде диаметром 3 мм и плотностью 2600 кг/м^3. 8. Определить по методу Лященко П.В. размеры равнопадающих зерен с плотностями 1800 и 2600 кг/м^3 и коэффициент равнопадаемости, если конечная скорость их падения составляет 0,3 м/с. 9. Определить количество утяжелителя плотностью 4500 кг/м^3, необходимое для приготовления 3 м суспензии плотностью 2000 кг/м^3. 10. Определить по методу Лященко П.В. размеры равнопадающих зерен с плотностями 1800 и

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		2600 кг/м³ и коэффициент равнопадаемости, если конечная скорость их падения составляет 0,3 м/с. 11. По кривым обогатимости определить теоретические показатели обогащения ($\gamma_{к-т}$, $\gamma_{п-п}$, $\gamma_{хв}$, $A^c_{п-п}$ и плотности разделения), если зольность концентрата 8 %, а породы 60 %. 12. Определить конечную скорость свободного падения зерна кварца диаметром 5 мм в воде. 13. Определить скорость свободного падения угольного зерна крупностью 0,1 мм, падающего в воздухе плотностью 1,21 кг/м³. Плотность угля принять 1400 кг/м³, вязкость воздуха $0,02 \cdot 10^{-3}$ Па·с. 14. Рассчитать размер максимальных зерен взвеси, уходящих в слив отстойника, если их гидравлическая крупность 1,1 мм/с, а плотность 3 г/см³. 15. Рассчитать гидравлическую крупность зерен взвеси в условиях свободного осаждения в воде, если эквивалентный диаметр осаждающихся частиц 10 мкм, а плотность частиц 3,4 г/см³. 16. Рассчитать крупность максимальных частиц, уходящих в слив отстойника, если их гидравлическая крупность 0,8 мм/с, а плотность осаждающихся частиц 3,5 т/м³. 17. Определить массу магнетитового утяжелителя для приготовления 1 м³ суспензии плотностью 1400 кг/м³, если плотность магнетита 4500 кг/м³. 18. Определить количество утяжелителя и воды для приготовления 100 м³ ферросилициевой суспензии плотностью 2700 кг/м³ при плотности утяжелителя 6300 кг/м³. 19. Определить сколько магнетита нужно добавить в суспензию с плотностью 1400 кг/м³, чтобы довести ее плотность до 1480 кг/м³, если плотность утяжелителя 4700 кг/м³. 20. Определить вязкость суспензии, если ее плотность 1480 кг/м³, а плотность утяжелителя 5000 кг/м³.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Гравитационный метод обогащения» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.