

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей
среды им. С.Б. Леонова (131)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 19 марта 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Направление: 20.03.01 Техносферная безопасность

Охрана природной среды и ресурсосбережение

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Власова Вера Викторовна
Дата подписания: 02.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Федотов
Константин Вадимович
Дата подписания: 05.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Зелинская Елена
Валентиновна
Дата подписания: 05.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Процессы и аппараты горно-обогатительного производства» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-5 Способность оценивать экологические риски действующих и проектируемых производств	ПКС-5.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-5.1	Способность определять источники экологического риска при работе оборудования	Знать -классификацию методов и процессов обогащения полезных ископаемых; - источники экологического риска при работе горно-обогатительного оборудования. Уметь - обосновывать применение процессов и методов обогащения применительно к различному минеральному сырью; - определять источники экологического риска при работе обогатительного оборудования. Владеть - терминологией в области обогащения полезных ископаемых; - методами оценки экологических рисков при работе обогатительного оборудования.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Процессы и аппараты горно-обогатительного производства» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Введение в профессиональную деятельность», «Экологическая безопасность»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Проектная деятельность», «Экологические проблемы горно-обогатительного производства»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины	144	144

Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Характеристика и состав полезных ископаемых	1, 2	4					2	4	Устный опрос
2	Подготовительны е процессы	3, 4, 5	10	1, 2, 3, 4	8	1, 2, 3, 4, 5	10	1, 2, 3	20	Устный опрос
3	Основные обогащительные процессы	6, 7, 8, 9, 10	18	5, 6, 7, 8	8	6, 7	6	2, 3	12	Устный опрос
4	Вспомогательные процессы							2, 3	8	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа
	Всего		32		16		16		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Характеристика и состав полезных ископаемых	Характеристика качества полезных ископаемых – минеральный и гранулометрический состав, степень окисления, вкрапленность ценного компонента, твердость. Методы обогащения, основные процессы. Основная схема обогащения с получением концентрата и хвостов. Основные показатели – извлечение, выход продуктов обогащения, содержание ценного компонента в продуктах обогащения, степень концентрации.
2	Подготовительные процессы	Методы дробления. Степень дробления. Основной принцип дробления. Общая характеристика

		процесса измельчения в мельницах. Понятие о пульпе. Расчетный класс при измельчении. Операции грохочения в схемах рудоподготовки. Понятие модуля и шкалы грохочения. Характеристика крупности. Ситовой анализ. Построение и назначение характеристик крупности. Основной принцип построения схем рудоподготовки. Классификация процессов и схем дробления, измельчения и грохочения. Применяемое оборудование в схемах рудоподготовки.
3	Основные обогатительные процессы	Теоретические основы гравитационного обогащения. Процессы и аппараты для гравитационного обогащения, область их применения. Концентрация на столах. Обогащение методом отсадки. Обогащение на шлюзах. Обогащение на винтовых сепараторах. Обогащение в центробежных сепараторах. Обогащение в тяжелых средах. Схемы гравитационного обогащения. Понятие процесса флотации, физико-химические основы процесса. Классификация флотационных машин. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин механического, пневмомеханического и пневматического типа, их преимущества и недостатки. Расчет флотационных машин. Вспомогательное флотационное оборудование. Классификация и область использования реагентов. Типы реагентосборителей при флотации руд цветных металлов, их механизм действия. Реагенты-депрессоры и активаторы при флотации руд цветных металлов. Щелочная и кислая среда при флотации. Реагентные режимы при флотации полиметаллических, золотосодержащих, медных, медно-молибденовых руд. Физические основы метода магнитного обогащения. Магнитные свойства вещества. Сущность и классификация магнитного метода обогащения. Классификация минералов по магнитным свойствам. Методики определения магнитных свойств минералов. Магнитные сепараторы и вспомогательное оборудование
4	Вспомогательные процессы	Место и роль процессов обезвоживания и сушки в технологических схемах обогащения полезных ископаемых. Виды влаги и показатели, характеризующие продукты обезвоживания. Дренажное, общие сведения, показатели. Аппараты для обезвоживания продуктов методом дренажного. Общие сведения. Показатели, характеризующие процесс сгущения. Конструкции

		сгустителей. Технологические показатели работы сгустителей. Расчет сгустителей. Фильтрование и центрифугирование. Показатели, характеризующие процесс фильтрования и центрифугирования. Факторы, влияющие на процесс фильтрования. Оборудование для фильтрования и центрифугирования. Схемы обезвоживания. Замкнутый водооборот. Расчет водно-шламовых схем. Основные сведения. Показатели, характеризующие состояние влажного газа. Кинетика процесса сушки. Барабанные газовые сушилки. Выбор и расчет сушилок по производительности.
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Пробоотбор и ситовой анализ	2
2	Изучение влияния размера отверстий сетки и влажности исходной руды на эффективность процесса грохочения	2
3	Дробление руды в открытом цикле	2
4	Изучение влияния плотности пульпы на тонкость помола руды	2
5	Изучение процесса отсадки на диафрагмовой отсадочной машине	2
6	Обогащение полезных ископаемых на лабораторном концентрационном столе	2
7	Обогащение полезных ископаемых на лабораторном концентрационном столе	2
8	Сухая магнитная сепарация сильномагнитных руд черных металлов	2

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Изучение методики построения характеристик крупности руды	2
2	Изучение методики определения эффективности грохочения	2
3	Порядок выбора и расчета гирационных и инерционных грохотов	2
4	Порядок выбора и расчета производительности дробилок	2
5	Выбор, обоснование и расчет схем дробления	2
6	Продукты и показатели процесса обогащения.	2

	Расчет показателей обогащения	
7	Расчет качественно-количественной схемы обогащения	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	8
2	Подготовка к экзамену	24
3	Проработка разделов теоретического материала	12

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лекций, практических и лабораторных работ используются следующие интерактивные методы обучения блиц-опрос по теме прошлого занятия, коллективное обсуждение вопросов, касающихся технологии обогащения полезных ископаемых.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Процессы и аппараты горно-обогатительного производства: метод. указания и задания по выполнению курсовой работы/ составитель В.В. Власова.-Иркутск: электронный ресурс, 2026.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Процессы и аппараты горно-обогатительного производства: метод. указания и задания для выполнения практических работ / сост. В.В. Власова. - Иркутск : электронный ресурс, 2026.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Процессы и аппараты горно-обогатительного производства: метод. указания и задания для выполнения лабораторных работ / сост. В.В. Власова. - Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2026.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Процессы и аппараты горно-обогатительного производства: метод. указания и задания для выполнения самостоятельных работ / сост. В.В. Власова. - Иркутск : электронный ресурс, 2026.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

В завершении каждого аудиторного занятия обучающимся предоставляется вопрос для коллективного обсуждения по пройденной теме и вопросы для самостоятельной подготовки и повторения пройденного материала.

Контроль знаний по пройденной теме осуществляется на следующем аудиторном занятии в виде индивидуального устного опроса или в виде блиц-опроса. Учебная группа при этом делится на две команды, одна из которых задает вопросы, а вторая - на них отвечает. Затем с участием преподавателя определяется самый интересный вопрос и наиболее информативный ответ.

Критерии оценивания.

При проведении оценивания знаний обучающихся учитывается:

- правильность ответа;
- умение излагать свою точку зрения;
- корректное приведение примеров;
- грамотное использование терминологии.

Ответ оценивается на:

«отлично» - при наличии у обучающегося глубоких, исчерпывающих знаний, грамотном и логически стройном построении ответа;

«хорошо» - при наличии твердых и достаточно полных знаний, логически стройном построении ответа при незначительных ошибках;

«удовлетворительно» - при наличии твердых знаний, изложении ответа с ошибками, уверенно исправленными после вспомогательных вопросов преподавателя;

«неудовлетворительно» - при наличии грубых ошибок в ответе, непонимании сущности излагаемого вопроса, неуверенности и неточности ответов после вспомогательных вопросов преподавателя.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-5.1	Демонстрирует уверенные знания методов и процессов обогащения полезных ископаемых, готов оценить уровень экологической безопасности технологии и оборудования	Экзамен в виде компьютерного теста

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Для получения допуска к сдаче экзамена по изучаемому предмету, обучающемуся необходимо выполнить в течение семестра все лабораторные и практические работы.

Экзамен проводится в виде компьютерного тестирования на электронной платформе ИРНИТУ. Обучающемуся предоставляются 30 односложных вопросов по теме изученного курса, которые формируются в виде случайной выборки из 60 вопросов, размещенных на платформе MOODEL. Для ответа обучающемуся отводится 40 минут. После прохождения теста обучающийся видит результат сдачи экзамена.

Пример задания:

Итоговый аттестационный тест

По дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»

Вариант 1

ФИО _____

1. Колосниковые решетки применяются на стадии
 - а) мелкого грохочения;
 - б) среднего и мелкого грохочения;
 - в) крупного и среднего грохочения.
2. Если суммарная характеристика «по плюсу» имеет вид выпуклой кривой, то это соответствует
 - а) преобладанию крупных кусков в грохотимом материале;
 - б) преобладанию мелких кусков в грохотимом материале;
 - в) равномерному распределению крупных и мелких кусков в грохотимом материале.
3. Ситовой анализ применяется для
 - а) определения эффективности грохочения;
 - б) для определения степени дробления;
 - в) определения гранулометрического состава руды.
4. Отрицательное влияние на эффективность процесса грохочения оказывают
 - а) высокое содержание легких зерен;
 - б) движение поверхности грохочения;
 - в) угол наклона просеивающей поверхности.
5. Грохочение – это
 - а) разделение материала по классам крупности;
 - б) метод обогащения;
 - в) способ разрушения материала.
6. Основной способ разрушения руды в щековых дробилках с простым движением щеки
 - а) раскол;
 - б) истирание;
 - в) раздавливание.
7. Мельницы самоизмельчения имеют

- а) короткий барабан;
- б) длинный барабан;
- г) трубный барабан.

8. Шаровые мельницы могут использоваться для

- а) измельчения крупно-вкрапленных руд на гравитационных фабриках;
- б) измельчения тонко-вкрапленных руд на флотационных фабриках;
- в) предварительного измельчения перед стержневыми мельницами.

9. Магнетитовые руды принято обогащать

- а) методом отсадки;
- б) цианированием;
- в) методом магнитной сепарации.

10. Флотация – это метод обогащения, основанный на

- а) разнице в плотности зерен ценного компонента и пустой породы;
- б) разнице в удельной магнитной восприимчивости зерен ценного компонента и пустой породы;
- в) разнице в гидрофобности и гидрофильности зерен ценного компонента и пустой породы.

11. Собиратели – это реагенты, отвечающие за

- а) укрепление поверхности воздушного пузырька;
- б) возвращение флотационных свойств депрессированным ранее поверхностям;
- в) создание гидрофобной пленки на поверхности частиц.

12. К аппаратам для гравитационного разделения относят

- а) концентрационный стол;
- б) пневмомеханическую флотомашину;
- в) электромагнитный сепаратор.

13. Во флотомашинах механического типа аэрация пульпы осуществляется за счет

- а) подачи сжатого воздуха через перфорированные перегородки;
- б) вращения импеллера;
- в) движения пеногона.

14. Для повышения качества флотационных концентратов проводят

- а) перечестные флотации;
- б) концентрацию на столах;
- в) контрольные флотации.

15. Извлечение ценного компонента – это

- а) отношение массы продукта к массе исходной руды;
- б) показатель, характеризующий какая часть ценного компонента перешла в одноименный продукт;
- в) отношение массы концентрата к массе исходной руды.

16. Гравитационные методы обогащения основаны на

- а) различие в удельной магнитной восприимчивости зерен ценного компонента и пустой породы;
- б) разнице в плотности зерен ценного компонента и пустой породы;

в) разнице в электропроводности частиц зерен ценного компонента и пустой породы.

17. Пенообразователи – это

- а) реагенты, отвечающие на устойчивость пены;
- б) реагенты, отвечающие за кислотность и щелочность пульпы;
- в) реагенты, отвечающие за образование агрегатов из нескольких минеральных частиц, взвешенных в воде.

18. Обогащение полезных ископаемых – это

- а) разделение руды по классам крупности;
- б) метод переработки, направленный на отделение зерен ценного компонента от пустой породы;
- в) разрушение руды под действием внешних сил.

19. В качестве разрушающей среды в мельницах барабанного типа могут использовать

- а) стальные шары;
- б) деревянные рейки;
- в) молотки.

20. В результате обогащения получают

- а) концентрат и хвосты;
- б) надрешетный и подрешетный продукты;
- в) дробленый продукт.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Твердо знает материал, легко ориентируется в теоретических вопросах курса. Количество набранных баллов 100-88%	В основном знает материал, правильно ориентируется в теоретических вопросах курса. Количество набранных баллов 87-76%	Не знает значительной части курса. Количество набранных баллов 75-68%	Не владеет материалом, затрудняется при ответах на вопросы. Количество менее 68%.

6.2.2.2 Семестр 5, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

При защите курсовой работы обучающийся должен рассказать о цели и задачах курсовой работы, представить методику расчета и ответить на вопросы преподавателя.

Пример задания:

Контрольные вопросы к защите курсовой работы:

1. От каких параметров зависит количество стадий дробления?
2. Какие параметры определяют необходимость включения операции грохочения перед первой стадией дробления?
3. Какие параметры определяют выбор открытого и замкнутого цикла дробления?
4. Как правильно распределить степени дробления по стадиям?
5. В чем отличие расчета открытого цикла дробления от замкнутого?
6. Как рассчитать выход продукта?
7. По каким параметрам производят выбор дробилки?
8. Что называют коэффициентом загрузки дробилки. Какие оптимальные значения коэффициента загрузки?
9. Как рассчитать площадь грохочения неподвижного колосникового грохота?
10. Какие коэффициенты учитывают при расчете площади грохочения инерционного грохота?

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Курсовая работа выполнена в соответствии с заданием, разделы разработаны грамотно, выводы обоснованы и подтверждены расчётами. Пояснительная записка выполнена качественно, с применением новейших информационных технологий. Оформление курсовой работы, соответствует требованиям стандартов организации. Обучающийся при защите сделал логичный доклад, проявил большую эрудицию, аргументировано ответил на 90...100%	Курсовая работа выполнена в соответствии с заданием, расчёты выполнены грамотно. Имеющиеся ошибки не носят принципиальный характер. Пояснительная записка оформлена в соответствии с установленными требованиями с небольшими отклонениями. Обучающийся сделал хороший доклад и правильно ответил на 70..89% вопросов, заданных преподавателем	Курсовая работа выполнена в полном объёме, в соответствии с заданием, но содержит недостаточно убедительное обоснование выбора схемы рудоподготовки, в расчетах имеются ошибки, свидетельствующие о пробелах в знаниях. Пояснительная записка выполнена небрежно. Обучающийся не раскрыл основные выводы по работе, ответил правильно на 50...69 % вопросов, заданных преподавателем.	Курсовая работа содержит грубые ошибки в расчётах и принятии решений, количество и характер которых указывает на недостаточную подготовку обучающегося. Доклад сделан не-удовлетворительно, содержание основных разделов не раскрыто; качество оформления работы низкое, обучающийся неправильно ответил на большинство вопросов, показал слабую подготовку

вопросов, заданных преподавателем.			
--	--	--	--

7 Основная учебная литература

1. Авдохин. Основы обогащения полезных ископаемых Технологии обогащения полезных ископаемых, 2015. - 309.

2. Авдохин Основы обогащения полезных ископаемых Обогачительные процессы, 2016. - 416.

3. Перов Валентин Александрович. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых : учеб. пособие по спец. "Обогащение полез. ископаемых" / Валентин Александрович Перов, Евгений Евгеньевич Андреев, Леонид Федорович Биленко, 1990. - 300.

4. Федотов К. В. Проектирование обогачительных фабрик. Проектирование производства для переработки руд и разделения минералов : учебник для вузов / К. В. Федотов, 2025. - 304.

5. Верхотуров М. В. Гравитационные методы обогащения : учеб. для вузов по специальности "Обогащение полез. ископаемых" / М. В. Верхотуров, 2006. - 351.

6. Флотационные методы обогащения : учебное пособие / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 58.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-3689.pdf>

7. Власова В. В. Основы обогащения полезных ископаемых : учебное пособие / В. В. Власова, 2020. - 125.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-23124.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Авдохин. Основы обогащения полезных ископаемых Обогачительные процессы, 2006. - 416.

2. Разумов К. А. Проектирование обогачительных фабрик : учебник для вузов по специальности "Обогащение полезных ископаемых" / К. А. Разумов, В. А. Перов, 1982. - 518.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-41245.pdf>

3. Кусков Виктор Борисович. Гравитационные методы обогащения : конспект лекций / В. Б. Кусков, 2001. - 70.

4. Баденикова Г. А. Флотационные методы обогащения : конспекты лекций / Г. А. Баденикова; Г. А. Баденикова, 2007. - 60.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-3602.pdf>

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.

3. Флотационная машина лабораторная модель "Essa FTM101 Flotation Test Machine" 010, 21012404146;

Машина флотационная ФМЛ-1(237ФЛ), 21013402808;

Весы ВК-3000, 0000057181;

Сушильный шкаф "ШС-80-01", 0000038576;

Концентрационный стол;

Отсадочная машина;

Магнитный сепаратор (мокрый);

Дробилка Д18/14 (EFS-180), 0000035613;

Дробилка щековая (01320389), 0000013710;

Рассев лабораторный "РЛ-1", 0000038584;

Мельница шаровая ШМ (01380225), 0000013737