



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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


УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

20.02.2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МЕХАНИКА ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Направление подготовки (специальность)
18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - магистратура
Программа подготовки - прикладной магистратура

Форма обучения
очно-заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 21.11.2014 г. № 1494)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий
18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
профессор кафедры МиХТ, д-р физ.-мат. наук

 А.Н. Смирнов

Рецензент:

 Ведущий специалист НТЦ ГАДП ПАО «ММК» МиХТ, канд. техн. наук
Е.Н. Степанов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Механика дисперсных сред» является освоение вопросов основных закономерностей механики твердых дисперсных тел, происходящих в различных химико-технологических системах, которые в свою очередь формируют профессиональный уровень специалиста по данной специальности.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Механика дисперсных сред входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

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

Для изучения дисциплины необходимы знания, сформированные в результате изучения дисциплин бакалавриата, таких, как математика, физика, информатика, общая и неорганическая химия, физическая химия, поверхностные явления и дисперсные системы, аналитическая химия и физико-химические методы анализа, техническая термодинамика и теплотехника.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Механика дисперсных сред» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОК-4	способностью совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, получать знания в области современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук
Знать	Основные закономерности механики. Особенности механического описания в дисперсных средах;
Уметь	Провести критический анализ данных о дисперсных системах по литературным источникам; Определять наиболее прогрессивные экологические, технологические и экономические схемы применительно к дисперсным системам, в условиях промышленного производства;
Владеть	Навыками выделения уровней, элементов и взаимосвязей между ними на основе фундаментальных знаний. Навыками выделения отдельных этапов в решении общих задач анализа и синтеза дисперсных систем установления взаи-мосвязей между ними и последовательности их выполнения;
ОК-9	способностью с помощью информационных технологий к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
Знать	Методологические основы и прикладной математический аппарат, используемый для анализа процессов в дисперсных системах. Основные принципы моделирования. Специфика их реализации в дисперсных системах
Уметь	Формулировать научно-обоснованные принципы в области реализации энерго - и ресурсосбережения и предлагать пути и решения;

Владеть	Навыками выполнения обработки и анализа данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях, моделировании энерго - и ресурсосберегающих процессов, интерпретации полученных результатов
ПК-5 готовностью к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению	
Знать	основные закономерности механики твердых дисперсных тел в дисперсных средах; методологические основы описания структуры и структурных связей дисперсных сред. Теоретические основы конкретных технологических процессов и аппаратов, в которых реализуются эти процессы
Уметь	Провести критический анализ данных по комплексному использованию сырья, на базе литературных источников и обозначить наиболее прогрессивные технологии и оборудование. Использовать основные понятия о подобии физических явлений, основные критерии гидромеханического подобия. Выбирать оптимальные технологические решения, применять основные положения системного метода для анализа и математического описания техно-логического процесса
Владеть	методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов. Навыками разработки мероприятий по минимизации материальных и энергетических затрат, навыками работы с современными программными средствами подготовки конструкторско - технологической документации.

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 52,8 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,8 акад. часов
- самостоятельная работа – 19,2 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

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 Структура и структурные связи твердых дисперсных сред. 1.1 Тема Состав и строение твердых дисперсных сред. Сыпучесть порошкообразных материалов	4	2			2,2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	собеседование	ОК-4 ОК-9 ПК-5
2. Физические свойства сыпучих материалов		3	4/2И					
2.1 Тема: Гидродинамика неподвижного зернистого слоя 2.2. Тема: Течение жидкости через неподвижные зернистые слои. Основные параметры, характеризующие структуру зернистого слоя.	4	3	4/2И		3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Работа с электронными библиотеками.	собеседование, устный опрос	ОК-4 ОК-9 ПК-5
3 Основы механики кипящего слоя 3.1 Тема: Начало псевдооживления. Основные уравнения для развитого кипящего слоя. Математические модели реакторов с кипящим слоем		2	6/2И		3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Работа с электронными библиотеками.	собеседование, устный опрос, отчет по лабораторной работе	ОК-4 ОК-9 ПК-5

3.2 Раздел Движение сыпучего материала в транспортирующих и технологических устройствах 3.3 Тема: Транспортирующие устройства для сыпучих материалов. Истечение и движение сыпучего материала	2	6		3		собеседование, устный опрос, отчет по лабораторной работе	
4. Разделение неоднородных систем 4.1 Тема: Неоднородные системы и методы их разделения. Коагуляция частиц дисперсной фазы. Уравнения фильтрования. Расчет центрифуг.	2	6/1И		2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Работа с электронными библиотеками.	собеседование, устный опрос, отчет по лабораторной работе	ОК-4 ОК-9 ПК-5
5 Разделение газовых систем 5.1 Тема: Очистка газов под действием сил различной природы. Коагуляции и укрупнение частиц, отделяемых при газоочистке.	2	4/1И		1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Работа с электронными библиотеками.	собеседование, устный опрос, отчет по лабораторной работе	ОК-4 ОК-9 ПК-5
6 Раздел Перемешивание в жидких средах 6.1 Тема: Перемешивание в жидких средах. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания	1	4/2И			Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Работа с электронными библиотеками.	собеседование, устный опрос, отчет по лабораторной работе	ОК-4 ОК-9 ПК-5
Итого за семестр	17	34/10И		14,2		зачёт	
Итого по дисциплине	17	34/10И		19,2		зачет	

5 Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Механика дисперсных сред» используются образовательные технологии:

1. Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими.

Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литера-туры, применение современных информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств ин-формации.

2. Деятельностные практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при разборе конкретных ситуаций, основанных на практических примерах, обеспечивающих воз-можность качественно выполнять профессиональную деятельность.

3. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способ-ности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их реше-ния.

4. Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента, при выполнении домашних индивидуальных заданий, на консультациях.

В ходе диалогового обучения студенты учатся критически мыслить, решать сложные проблемы на основе анализа обстоятельств и соответствующей информации, взвешивать альтернативные мнения, принимать продуманные решения, участвовать в дискуссиях, общаться. Для этого на занятиях организуются индивидуальная и группо-вая работа, идет работа с документами и различными источниками информации.

В процессе обучения используется форма многосторонней коммуникации в обра-зовательном процессе. Такой подход предусматривает широкое использование в учеб-ном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

Реализация такого подхода осуществляется следующим образом:

1. Распределение тем по «Механике дисперсных сред» с учетом пожеланий сту-дентов, тематики их научных интересов и т.п.

2. Подготовка студентами формы отчетности самостоятельной работы (текст док-лада и презентация).

3. Обсуждение подготовленного отчета по лабораторной работе в режиме дискус-сии с элементами коллективного решения творческих задач.

Для оценки знаний рекомендуется использовать рейтинговую систему, которая обеспечивает диагностику достижения обучаемым заданного уровня компетентности на каждом этапе текущего, промежуточного и рубежного, итогового контроля. Все на-бранные баллы суммируются и составляют индивидуальный интегральный индекс в целом по курсу. Цель студента – набрать максимальное число баллов. При рейтинговой системе резко возрастает роль текущего и промежуточного контроля. В итоге, в конце семестра, студенты, набравшие суммарный рейтинг 50% получают допуск к зачету.

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 (модуля)

а) Основная литература:

Смирнов, А. Н. Механика дисперсных сред : практикум / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4038.pdf&show=dcatalogues/1/1532667/4038.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

Баранова, М. П. Физико-химические основы получения топливных водоугольных суспензий [Электронный ресурс] : монография / М. П. Баранова, В. А. Кулагин. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 160 с. - ISBN 978-5-7638-2116-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441837> (дата обращения: 09.10.2020).

б) Дополнительная литература:

Поверхностные явления. Адсорбция : учебное пособие / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Э. В. Дюльдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3417.pdf&show=dcatalogues/1/1139847/3417.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0966-3. - Сведения доступны также на CD-ROM.

в) Методические указания:

Основы теории пластичности и механики разрушения [Текст] : учебное пособие / А. К. Белан, В. И. Кадошников, Е. В. Шестопалов, И. Д. Кадошникова ; МГТУ, каф. ПМиГ. - Магнитогорск, 2010. - 160 с. : ил., диагр., схемы, табл. (11 экз).

Дюльдина Э. В. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст] : учебное пособие / Э. В. Дюльдина, С. П. Ключковский ; МГТУ. - 2-е изд. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 86 с. : ил., табл., граф. - ISBN 978-5-9967-0539-9. (11 экз)

Методические указания к выполнению лаб. работы представлены в Приложении 1 к рабочей программе.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Design Premium CS 5.5 Academic Edition	К-615-11 от 12.12.2011	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Доска, учебные столы, стулья

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Стеллажи для хранения оборудования

Методическая литература для учебных занятий

Инструменты для ремонта и профилактического обслуживания учебного оборудования

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся
Содержание теоретического раздела дисциплины

1. Раздел: Структура и структурные связи твердых дисперсных сред.

1.1. Тема: Компоненты структуры. Форма и размеры твердых частиц. Анизотропия пористого тела

1.2. Тема: Влажность, подвижность и связность частиц, слеживаемость, абразивность.

2. Раздел: Гидродинамика неподвижного зернистого слоя

2.1. Тема: Расчет гидравлического сопротивления неподвижного слоя

3. Раздел Основы механики кипящего слоя

3.1 Тема: Образование разрывов. Влияние сил сцепления между частицами.

4.1 Тема: Движение сыпучего материала в трубчатых питателях и машинах барабанного типа

5. Раздел Разделение неоднородных систем

5.1 Тема: Скорость стесненного осаждения (отстаивания). Устройство фильтров. Расчет фильтров. Центрифугирование.

6. Раздел Разделение газовых систем

6.1 Тема: Сравнительные характеристики и выбор газоочистительной аппаратуры.

7. Раздел Перемешивание в жидких средах

7.1 Тема: Конструкции мешалок, их характеристики и выбор.

Лабораторные работы:

1. Экспериментальное определение гранулометрического состава методом весовой седиментации
2. Реология твердых дисперсных тел
3. Гидродинамика кипящего слоя.
4. Экспериментальное определение площади сгустителя
5. Изучение процесса фильтрования при постоянном давлении
6. Определение расхода энергии на перемешивание

Пример оформления отчета по лабораторной работе

**Изучение процесса измельчения
в молотковой дробилке**

Цель работы

1. Ознакомление с устройством и работой молотковой дробилки.
2. Измельчение в молотковой дробилке заданной порции материала.
3. Проведение ситовых анализов. Определение степени измельчения материала.
4. Установление зависимости производительности дробилки и степени измельчения от размеров решетки.
5. Построение кривых распределения измельченного материала по размерам частиц.

Введение

Эффективным способом измельчения твердых материалов является ударное разрушение. Машины ударного действия имеют лучшие технологико-экономические показатели по сравнению с машинами другого принципа действия. Из машин ударного действия наиболее перспективными являются молотковые дробилки, применяемые в тех случаях, когда на одной ступени измельчения необходимо получить высокодисперсную смесь измельченных частиц. Молотковые дробилки хорошо измельчают хрупкие материалы (зерно, соль, сахар и др.) и менее эффективны при измельчении влажных материалов и продуктов с высоким содержанием жира. Наибольшее распространение получили дробилки со свободно подвешенными молотками.

Молотки должны перемещаться с такой окружной скоростью, при которой обеспечивается первичное разрушение материала в момент ударов по нему молотков. Эту необходимую скорость можно определить приближенно исходя из закона количества движения

$$m(W_2 - W_1) = P\tau, \quad (44)$$

где m – масса измельчаемой частицы, кг; W_2 – скорость частицы после удара о молоток, м/с; W_1 – скорость частицы до удара о молоток, м/с; P – сила удара, необходимая для первичного разрушения частицы, Н; τ – продолжительность удара, которая может быть принята равной 10^{-5} м·с

Так как W_1 значительно меньше W_2 , то можно принять $mW_2 = P\tau$.

Процесс измельчения на молотковых дробилках оценивается по таким параметрам как степень измельчения, производительность, удельный расход энергии на проведении процесса.

Степенью измельчения i называется отношения среднего размера частиц исходного диаметра D к среднему размеру частиц измельченного продукта d_{cp} .

$$i = \frac{D}{d_{\text{ср}}}. \quad (45)$$

Для определения среднего размера частиц после измельчения выполняется ситовой анализ с использованием набора сит. Для этого навеску материала разделяют на фракции, просеив навеску, через набор сит с отверстиями разных размеров и получают несколько фракций. Число фракций не должно быть менее 5 и более 20. Размеры частиц получаемых фракций ограничены размерами отверстий сита. В случае использования сетки под размерами сита понимают длину стороны квадратной ячейки, образуемой переплетением сетки.

Принято называть материал, прошедший через сито "проход", а материал оставшийся на сите – "сход" с сита.

При выполнении ситового анализа сита располагают друг над другом в порядке убывания размеров сверху вниз, на верхнее сито помещается навеска материала, и весь набор закрепляется, например, на вибростолике и производится встряхивание набора сит. После истечения заданного времени проводится анализ результатов разделения навески материала на фракции.

Для каждой i -ой фракции находят средний размер частиц фракции как полусумму размеров отверстий в ситах, через которое прошли частицы и на котором частицы остались

$$d_{\phi_i} = \frac{d_{i-1} + d_i}{2}, \quad (46.1)$$

для первой фракции средний размер определяется

$$d_{\phi_1} = \frac{d_1 + d_{\text{в}}}{2}, \quad (46.2)$$

где $d_{\text{в}}$ – размер верхнего сита, мм.

Размер верхнего сита $d_{\text{в}}$ подбирается в ходе опыта как **минимальный** размер сита, через которое проходят все частицы.

Средний размер частиц в смеси вычисляют по уравнению

$$d_{\text{ср}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i / d_{\phi_i})}, \quad (47)$$

где $d_{\phi i}$ – средний размер частиц каждой фракции; x_i – относительное массовое содержание каждой фракции в смеси.

$$x_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}, \quad (48)$$

где G_i – масса остатка на i -м сите.

Производительность молотковых дробилок зависит не только от вида и свойств материала, но и от числа оборотов вала, на котором крепятся молотки, от размеров дробилки, размеров решетки на выходе из дробилки.

Производительность Q молотковых дробилок

$$Q = K_1 \rho D_p L n. \quad (49)$$

где K_1 – эмпирический коэффициент, который зависит от типа и размеров отверстий решетки, физико-механических свойств сырья и конструктивных особенностей молотковых дробилок; ρ – плотность измельченного материала, кг/м^3 ; D_p – диаметр ротора дробилки, м; L – длина ротора дробилки, м; n – частота вращения ротора, с^{-1} .

Потребляемая мощность N электродвигателя дробилки на процесс измельчения

$$N = K_1 K_2 D_p^2 n, \quad (50)$$

где K_2 – эмпирический коэффициент, который в основном зависит от получаемой степени измельчения и физико-механических свойств измельчаемого материала, кВтс/кг .

Значения эмпирических коэффициентов K_1, K_2 следующие: для сит с диаметром отверстий до 3 мм K_1 от $3,6 \cdot 10^{-5}$ до $4,7 \cdot 10^{-5}$; для чешуйчатых сит с диаметром отверстий от 4–5 до 10 мм K_1 от $6,0 \cdot 10^{-5}$ до $10,5 \cdot 10^{-5}$ (меньшее значение коэффициента K_1 принимают для сит с меньшим размером отверстий), K_2 от 2,0–4,0 (меньшее значение коэффициента K_2 принимают при крупном размоле, а большее – при мелком размоле).

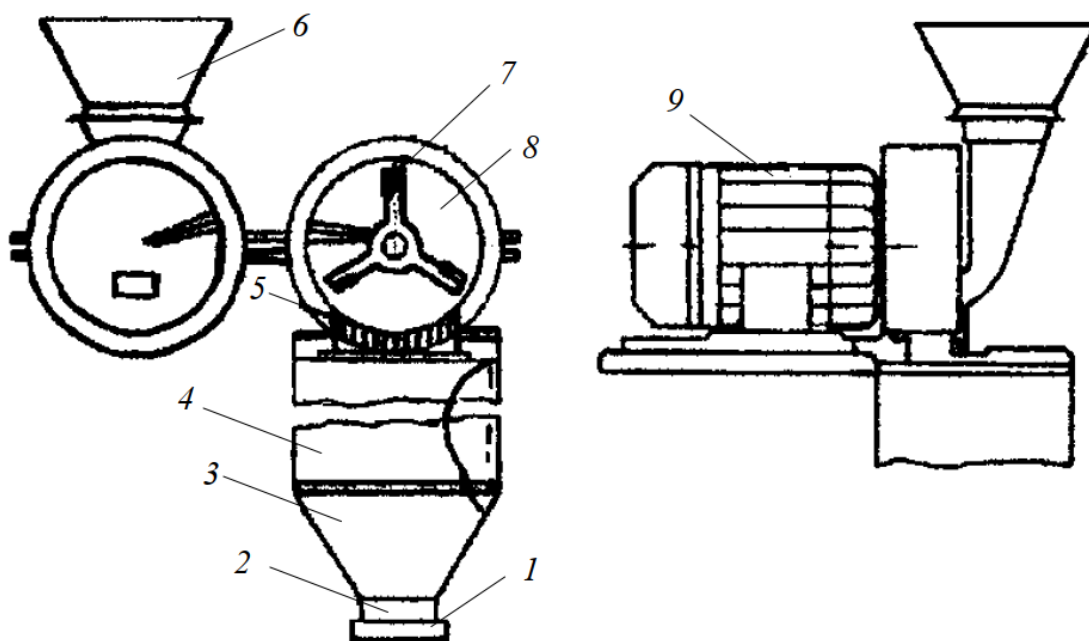


Рисунок 1. Схема молотковой дробилки

Методика проведения работы

Устанавливают сменную решетку 5 с заданным размером отверстий. Порцию зерна $G_{\text{нач}}$ по указанию преподавателя засыпают в бункер. Включают электродвигатель. Открывают задвижку под бункером и одновременно включают секундомер. По окончании измельчения останавливают секундомер, выключают электродвигатель. Взвешивают измельченный материал $G_{\text{кон}}$, затем проводят ситовой анализ. Сита располагают в порядке уменьшения размеров их отверстий сверху вниз.

$d_{\text{в}}$	$G_{\text{в}} = 0$	$x_{\text{в}} = 0$
d_1	G_1	x_1
d_2	G_2	x_2
d_3	G_3	x_3
d_4	G_4	x_4
d_5	G_5	x_5

Рисунок 2 Набор сит с размерами ячеек d :
 $d_1 = 3\text{мм}$; $d_2 = 2\text{мм}$; $d_3 = 1\text{мм}$; $d_4 = 0,5\text{мм}$; $d_5 = 0$

Массу взвешенной сухой пробы, указанную преподавателем, помещают на верхнее наиболее грубое сито и затем его встряхивают вручную. По окончании отсева взвешивают остаток на каждом сите (G_1, G_2, \dots, G_5), включая также материал, попавший на дно сборника.

Данные измерений и результаты ситового анализа необходимо занести в таблицу 1 и 2

Таблица 1

№ опыта	Размер решетки D , мм	τ , с	$G_{\text{нач}}$, кг	$G_{\text{кон}}$, кг
1				
2				
3				

Таблица 2

№ опыта	Диаметр отверстий, мм						Остаток на сите, г				
	d_B	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5
1											
2											
3											

Опыты проводят при различных размерах решетки. Для определения среднего размера частиц материала до измельчения проводят ситовой анализ.

Обработка опытных данных

1. Производительность молотковой дробилки Q определяют с использованием данных табл. 1 по формуле, кг/с
2. По формулам 46, 47, 48 с использованием опытных данных ситового анализа (табл. 2) определяют средний размер частиц в смеси.
3. Степень изменения материала вычисляют по формуле 45.
4. Полученные расчетные данные заносят в табл. 3

$$Q = \frac{G_{\text{нач}}}{\tau}$$

Таблица 3

№ опы-	Средний размер частиц каждой фракции, мм	Относительное массовое содержание каждой	ϕ_i	

та	фракции в смеси					x1	x2	x3	x4	x5			
	$d_{cp.1}$	$d_{cp.2}$	$d_{cp.3}$	$d_{cp.4}$	$d_{cp.5}$								
1													
2													
3													

5. По результатам ситового анализа представляют интегральную функцию распределения измельченного материала по диаметрам частиц $R(d_j)$ (рис. 3).

Функция $R(d_j)$ равна выраженному в процентах отношению массы всех частиц, диаметр которых больше d_j , к общей массе пробы измельченного материала. Величина d_j определяется по диаметру отверстий сита.

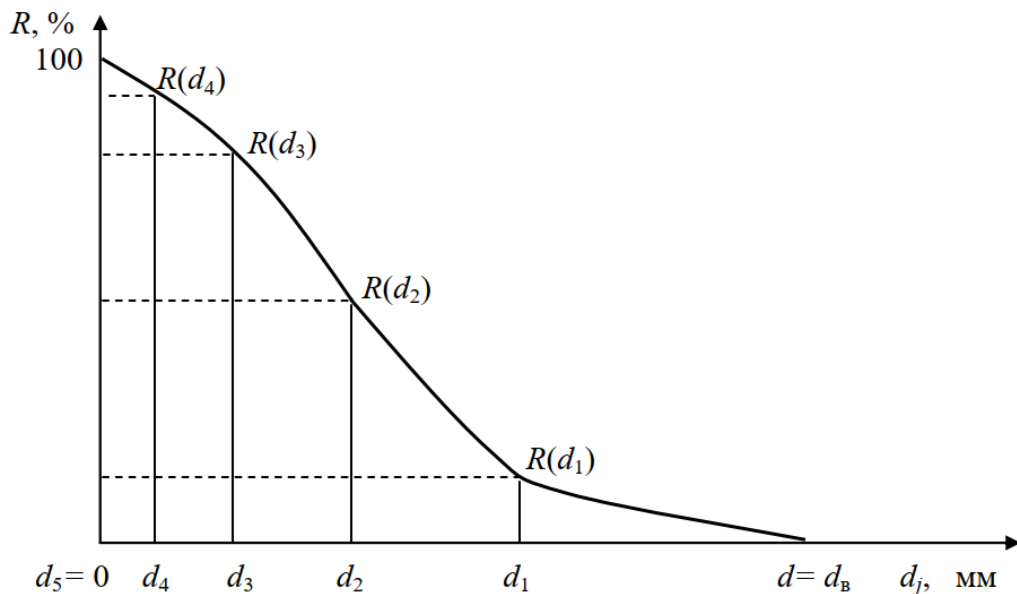


Рис. 3. Кривая распределения измельченного материала: $R(d_1) = x_1 100$;

$$R(d_2) = (x_1 + x_2)100; R(d_3) = (x_1 + x_2 + x_3)100; R(d_4) = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)100$$

6. По результатам опытов строятся зависимости $Q = f(i)$.

В заключение делают вывод о влиянии размера решетки в молотковой дробилке на степень измельчения и производительность.

Контрольные вопросы

1. Каким способом измельчается материал в молотковой дробилке?
2. Как оценивается эффективность измельчения?
3. Что такое степень измельчения?
4. Как определить средний размер частиц в смеси?
5. Какие факторы влияют на производительность молотковой дробилки?
6. Устройство и принцип действия молотковой дробилки.
7. Как построить кривую функции распределения измельченного материала?

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

1. **Структура и структурные связи твердых дисперсных сред.** Состав и строение твердых дисперсных сред. Компоненты структуры. Форма и размеры твердых частиц. Гранулометрический состав. Сыпучесть порошкообразных материалов. Взаимодействие между частицами. Физические свойства сыпучих материалов: угол естественного откоса, коэффициент внутреннего трения, коэффициенты трения о твердые несущие конструкции, угол естественного откоса, влажность, подвижность и связность частиц, слеживаемость, абразивность. Текстура сыпучих материалов.
2. **Гидродинамика неподвижного зернистого слоя.** Течение жидкости через неподвижные зернистые слои. Основные параметры, характеризующие структуру зернистого слоя (порочность, эквивалентный диаметр частиц, гидравлический радиус каналов, удельная поверхность слоя и частицы).
3. **Основы механики кипящего слоя.** Начало псевдооживления. Образование разрывов. Влияние сил сцепления между частицами. Основные уравнения для развитого кипящего слоя. Поверхности разрыва в псевдооживленном слое и их устойчивость. Движение пузырей в кипящем слое. Массообмен между пузырями и непрерывной фазой в реакторе с кипящим слоем. Математические модели реакторов с кипящим слоем.
4. **Движение сыпучего материала в транспортирующих и технологических устройствах.** Транспортирующие устройства для сыпучих материалов. Истечение сыпучего материала из емкостей и бункеров. Истечение сыпучего материала под действием побудителей потока. Движение сыпучего материала в трубчатых питателях и машинах барабанного типа
5. **Разделение неоднородных систем.** Неоднородные системы и методы их разделения. Отстаивание. Скорость стесненного осаждения (отстаивания). Коагуляция частиц дисперсной фазы. Отстойники.

Фильтрование. Уравнения фильтрования. Фильтровальные перегородки. Устройство фильтров. Расчет фильтров. Центрифугирование. Центробежная сила и фактор разделения. Расчет центрифуг.

6. Разделение газовых систем. Гравитационная очистка газов. Очистка газов под действием инерционных и центробежных сил. Очистка газов фильтрованием. Мокрая очистка газов. Электрическая очистка газов. Коагуляции и укрупнение частиц, отделяемых при газоочистке. Сравнительные характеристики и выбор газоочистительной аппаратуры.

7. Перемешивание в жидких средах. Перемешивание в жидких средах. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Расход энергии на перемешивании. Конструкции мешалок, их характеристики и выбор.

Приложение 2

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, получать знания в области современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук (ОК-4).		
Знать	Основные закономерности механики. Особенности механического описания в дисперсных средах;	Пример теста: Классификацию дисперсных систем по структуре: 1. Свободные дисперсные системы, когда частицы обеих составляющих могут свободно перемещаться относительно друг друга, например, золь 2. Свободные дисперсные системы, когда частицы обеих составляющих могут свободно перемещаться относительно друг друга, например, золь, студень 3. Свободные дисперсные системы, когда частицы обеих составляющих могут свободно перемещаться относительно друг друга, например, студень.
Уметь	Определять наиболее прогрессивные экологические, технологические и экономические схемы применительно к	Практическая задача: К положительным особенностям псевдооживленного слоя относятся: а) 1. Интенсивное перемешивание твердых частиц; 2. Независимость сопротивления слоя от скорости оживающего агента; 3. Возникновение значительных

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	дисперсным системам, в условиях промышленного производства;	<p>зарядов статического электричества;</p> <p>б) 1. Интенсивное перемешивание твердых частиц; 2. Независимость сопротивления слоя от скорости оживающего агента; 3. Выравнивание полей концентраций и температур.</p> <p>в) 1. Интенсивное перемешивание твердых частиц; 2. Независимость сопротивления слоя от скорости оживающего агента; 3. Возможность проскока значительных количеств газа без достаточного контакта с продуктом</p>
Владеть	Навыками выделения уровней, элементов и взаимосвязей между ними на основе фундаментальных знаний	<p>Комплексная задача:</p> <p>Доверительным интервалом называется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. интервал, который с заданной степенью достоверности включает в себя среднее значение измеряемой величины 2. интервал, который с заданной степенью достоверности не включает в себя истинное значение измеряемой величины 3. интервал, который с заданной степенью достоверности не включает в себя среднее значение измеряемой величины 4. интервал, который с заданной степенью достоверности включает в себя истинное значение измеряемой величины
Способность с помощью информационных технологий к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК – 9)		
Знать	Методологические основы и прикладной математический аппарат, используемый для анализа процессов в дисперсных системах. Основные принципы моделирования. Специфика их реализации в дисперсных системах	<p>Пример тестового задания:</p> <p>Спектр – это:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. совокупность основных значений какой-либо величины характеризующей систему или процесс 2. совокупность значений какой-либо величины, характеризующей систему или процесс 3. значение какой-либо величины, характеризующей систему или процесс 4. совокупность всех значений какой-либо величины, характеризующей систему или процесс
Уметь	Формулировать научно-обоснованные принципы в области реализации энерго - и ресурсосбережения и предлагать пути и решения;	<p>Практическое задание:</p> <p>Среднеквадратическое отклонение среднего из N отсчетов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. в корень квадратный из N раз меньше среднеквадратического отклонения одного отсчета 2. в N раз меньше среднеквадратического отклонения одного отсчета 3. в N раз больше среднеквадратического отклонения одного отсчета

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																				
		4. в корень квадратный из N раз больше среднеквадратического отклонения одного отсчета.																																				
Владеть	Навыками выполнения обработки и анализа данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях, моделировании энерго-и ресурсосберегающих процессов, интерпретации полученных результатов	<p>Комплексная задача: С надёжностью $P = 0,95$ обеспечить однородность представленных в таблице данных, исключив грубые ошибки.</p> <table border="1" data-bbox="879 607 1570 943"> <thead> <tr> <th>к</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$y_k, \%$</td> <td>54</td> <td>53</td> <td>54</td> <td>30</td> <td>46</td> <td>52</td> <td>55</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>$\Delta y_k, \%$</td> <td>4,2</td> <td>3,2</td> <td>4,2</td> <td>-19,8</td> <td>-3,8</td> <td>2,2</td> <td>5,2</td> <td>4,2</td> </tr> <tr> <td>$\Delta y_k^2, \%$</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>18</td> <td>392</td> <td>14</td> <td>4,8</td> <td>27</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table> <p>Решение данной задачи осуществить на основе двух методов: правила 3σ, критерия Шовене.</p>	к	1	2	3	4	5	6	7	8	$y_k, \%$	54	53	54	30	46	52	55	54	$\Delta y_k, \%$	4,2	3,2	4,2	-19,8	-3,8	2,2	5,2	4,2	$\Delta y_k^2, \%$	18	10	18	392	14	4,8	27	18
к	1	2	3	4	5	6	7	8																														
$y_k, \%$	54	53	54	30	46	52	55	54																														
$\Delta y_k, \%$	4,2	3,2	4,2	-19,8	-3,8	2,2	5,2	4,2																														
$\Delta y_k^2, \%$	18	10	18	392	14	4,8	27	18																														
Способность и готовность к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья (ПК-5)																																						
Знать	Основные закономерности механики твердых дисперсных тел в дисперсных средах. Теоретические основы конкретных технологических процессов и аппаратов, в которых реализуются эти процессы	<p>Пример тестового задания: ФЛУКТУАЦИИ - это</p> <ol style="list-style-type: none"> случайные отклонения физических величин от их минимальных значений. случайные отклонения физических величин от их максимальных значений. систематические отклонения физических величин от их средних значений случайные отклонения физических величин от их средних значений. 																																				
Уметь	Провести критический анализ данных по комплексному использованию сырья, на базе литературных источников и обозначить наиболее прогрессивные технологии и оборудование. Использовать основные понятия о подобии физических явлений, основные критерии гидромеханического подобия	<p>Практические задачи: Критерий подобия –</p> <ol style="list-style-type: none"> это математическое выражение в виде размерной комбинации (система СИ) определяющих (важнейших) параметров процесса. это математическое выражение в виде размерной комбинации определяющих (важнейших) параметров процесса. это математическое выражение в виде безразмерной комбинации определяющих (важнейших) параметров процесса. это логическое выражение в виде безразмерной комбинации определяющих (важнейших) параметров процесса 																																				

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов. Навыками разработки мероприятий по минимизации материальных и энергетических затрат, навыками работы с современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации	<p>Комплексные задачи:</p> <p>Инструментальная погрешность определяется</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. По классу точности указанному в паспорте прибора на шкале, если предел шкалы соответствует целому значению 2. Принимается равной половине цены деления шкалы, если начало отсчета показаний располагается в середине шкалы 3. Принимается равной цене деления шкалы, если класс точности не указан в паспорте прибора на шкале 4. По классу точности указанному в паспорте прибора на шкале, а если класс точности не указан, то принимается равной половине цены деления шкалы <p>Доверительной вероятностью или надежностью серии измерений составляет 0,95. Это означает, что</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 95% измерений дадут значения, попадающие в доверительный интервал 2. 95% измерений дадут значения, не попадающие в доверительный интервал 3. 5% измерений дадут значения, попадающие в доверительный интервал 4. 0,005 измерений дадут значения, попадающие в доверительный интервал

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

Оценка	Критерии
Зачтено	<ol style="list-style-type: none"> 1. Усвоено основное содержание материала в объеме программы. 2. В основном правильно даны определения, понятия. 3. Сформированы практические навыки.
Не зачтено	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основное содержание учебного материала не раскрыто. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы преподавателя. 3. Допущены грубые ошибки в определениях.