

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-
ние высшего образования
«Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)

Северодонецкий технологический институт
Кафедра химических технологий**

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись)
« 26 » 2024 года



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Технология катализаторов и сорбентов»**

По направлению подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Профиль: «Химическая технология неорганических веществ»

Северодонецк – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Технология катализаторов и сорбентов» по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология– 18с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Технология катализаторов и сорбентов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (утвержденная приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020г. № 922 ,с изменениями и дополнениями от _____ 20__ г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

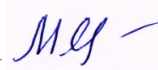
к.т.н., доцент кафедры химических технологий



М.А. Ожередова

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры химических технологий «23» 09 2024 г., протокол № 2

Ио заведующего кафедрой химических технологий



М.А. Ожередова

Переутверждена: «__» _____ 20__ г., протокол № _____

СОГЛАСОВАНА(для обеспечивающей кафедры):

Переутверждена: «__» _____ 20__ года, протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института «23» 09 2024 г., протокол № 2.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»



Ю.В. Бородач

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – ознакомление с теоретическими основами катализа, каталитических процессов, способами производства катализаторов и адсорбентов, с основными принципами технологического и аппаратурного оформления этих производств; формирование умения применять теоретические и практические знания для решения конкретных научных, технических, производственных задач в технологии производства катализаторов и адсорбентов.

Основные задачи дисциплины: изучение современных физико-химических методов исследования твердых тел; основных закономерностей протекания каталитических процессов; основных технологических особенностей и принципов аппаратурного оформления химических производств катализаторов, носителей и адсорбентов; формирование умений использовать основные химические законы для решения задач синтеза катализаторов и адсорбентов; определения оптимальных условий проведения каталитических процессов в технологии основного неорганического синтеза на основании теоретического анализа; формирование навыков выполнения технологических расчетов и анализа процессов в химических реакторах.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в часть Блока 1, дисциплин по выбору по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Дисциплина реализуется кафедрой Химических технологий.

Основывается на базе дисциплин: Теоретические основы химических технологий, Промышленная неорганическая химия, Реакционная способность неорганических веществ, Общая химическая технология, Кинетика и катализ.

Является основой для изучения следующих дисциплин: Производственная и преддипломная практики, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

Место дисциплины в учебном плане: осваивается в седьмом семестре.

Дисциплина нацелена на формирование:
профессиональных (ПК-1) компетенций выпускника.

Содержание дисциплины: Основные требования, предъявляемые к промышленным сорбентам, контактным массам. Основы технологии получения катализаторов и сорбентов. Технология осажденных катализаторов, сорбентов. Приготовление катализаторов методом пропитки. Технология смешанных катализаторов. Приготовление катализаторов методом плавления исходных составляющих. Цеолиты и катализаторы на их основе. Технология углеродсодержащих адсорбентов. Методы исследования адсорбентов и катализаторов. Общие сведения об оборудовании катализаторных производств. Аппаратурное оформление отдельных стадий катализаторных производств.

Виды контроля по дисциплине: текущий контроль знаний на практических занятиях и при тестировании, промежуточный контроль – зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 144 часов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	ПК 1.1. Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов ПК-1.2. Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность ПК-1.3. Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144	144
Обязательная контактная работа (всего)	56	12
в том числе:		
Лекции	28	6
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	6
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т. п.)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	88	132
Форма аттестации	Зачет	Зачет

4.2 Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Роль катализаторов в химической промышленности. Роль катализа в становлении и развитии современной промышленности. Основы предвидения каталитического действия, исторические этапы развития теоретических представлений в катализе, современные тенденции в развитии методов поиска катализаторов. Общее значение катализа и каталитических технологий для экономики. Катализ как важнейший элемент устойчивого развития при смене сырьевой базы экономики. Определение, области применения и значение. Современные каталитические производства и тенденции их развития.

Тема 2. Общие сведения о катализе и катализаторах. Основные особенности и значение явлений катализа, его сущность. Понятие энергии активации. Способы выраже-

ния активности катализатора. Промоторы и ингибиторы. Классификация каталитических процессов по механизму протекания реакции. Зависимость активности от химического состава, внутреннего и внешнего строения катализатора. Влияние основных параметров химико-технологического процесса на активность катализаторов. Основные стадии каталитического процесса. Понятие лимитирующей стадии. Способы интенсификации каталитического процесса в различных областях его протекания.

Тема 3. Научные основы разработки и подбора катализаторов

Основы предвидения каталитического действия. Цели и задачи научных основ приготовления и технологии катализаторов. Основные характеристики катализаторов и их зависимость от условий приготовления. Нетрадиционные подходы к приготовлению катализаторов с применением современных нанотехнологий.

Тема 4. Промышленные катализаторы.

Прочность и износоустойчивость контактных масс. Селективность. Текстуальные и структурные характеристики катализаторов. Термическая стабильность. Оптимальные гидродинамические характеристики катализаторов.

Каталитические яды. Обратимое и необратимое, истинное и ложное отравление катализаторов. Способы восстановления и регенерации контактных масс. Примеры промышленных каталитических процессов: переработка нефти и природного газа, производство аммиака, азотной и серной кислот; производство метанола, синтез Фишера – Тропша, крекинг, процессы полимеризации. Экологически безопасные технологии. Каталитические способы для решения экологических проблем.

Очистка отходящих газов промышленных производств от окислов азота, сернистых соединений, окислов углерода и т. д.

Тема 5. Основные способы производства катализаторов

Подготовка и синтез исходных веществ для приготовления катализаторов.

Требования к исходному сырью. Осажденные контактные массы. Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки. Контактные массы, получаемые механическим смешением компонентов. Плавные и скелетные контактные массы. Катализаторы на основе природных глин, цеолитов, ионообменных смол.

Термическая обработка катализаторов

Тема 6. Методы исследования катализаторов

Методы исследования прочности, удельной поверхности, активности.

Методы проведения кинетического эксперимента, критерии для определения степени использования гранулы катализатора, критерии эффективности каталитического процесса.

Экспериментальные методы определения скоростей реакций. Статические и проточные (динамические) методы, интегральные и дифференциальные реакторы.

Модели идеальных реакторов - идеального смешения и идеального вытеснения.

4.3 Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Роль катализаторов в химической промышленности	4	1
2.	Общие сведения о катализе и катализаторах	4	1
3.	Научные основы разработки и подбора катализаторов	5	1
4.	Промышленные катализаторы	5	1
5.	Основные способы производства катализаторов	5	1
6.	Методы исследования катализаторов	5	1
Итого:		28	6

4.4 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Определение лимитирующей стадии каталитического процесса. Определение энергии активации. Вывод кинетического уравнения каталитической реакции	6	1
2.	Расчет объема катализатора в колонне на примере синтеза аммиака	6	1
3.	Расчет материального и теплового балансов на примере реактора каталитической очистки в производстве неконцентрированной азотной кислоты.	6	2
4.	Расчет каталитических процессов и реакторов	6	1
5.	Расчет адсорбционных процессов и реакторов	4	1
Итого:		28	6

4.5 Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине «Технология катализаторов и сорбентов» не предусмотрены учебным планом.

4.6 Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Катализаторы и каталитические процессы	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	16
2.	Технология получения катализаторов	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	17
3.	Адсорбция	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	16

4.	Принципы управления качеством катализаторов	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	17
5.	Паспортизация носителей и катализаторов	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	16
6.	Современное состояние и направления развития технологии катализаторов гидроочистки, гидрирования, дегидрирования, изомеризации	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	17
7.	Критерии и способы отнесения каталитических продукции и технологии к «ноу-хау», объекту промышленной собственности.	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	16
8.	Оценка современного технического уровня каталитических технологий основных носителей и катализаторов	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников научно-технической информации, подготовка ответов на представленные вопросы.	11	17
Итого:			88	132

4.7 Курсовые работы/проекты по дисциплине «Технология катализаторов и сорбентов» не предполагаются учебным планом.

5 Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора; практические занятия - с использованием ПК при проведении расчетов.

Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Сибаров Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/169060>.
2. Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, В. М. Бусыгин, Л. Г. Гайсин, Р. Т. Ахметова ; под редакцией Т. Г. Ахметова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 452 с. — Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/119611>.
3. Баранов Д. А. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Д. А. Баранов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 408 с. — Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/130186>

б) дополнительная литература:

1. Александрова Э. А. Неорганическая химия. Теоретические основы и лабораторный практикум : учебник / Э. А. Александрова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 396 с. — Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/130569>.
2. Зубова Н.Г., Таранова С.А. Исследование свойств катализаторов / Методические указания к выполнению лабораторных раб. — Балаково, 2021. - 20 с.
3. Зубова Н.Г., Таранова С.А. Исследование свойств адсорбентов / Методические указания к выполнению лабораторных раб. — Балаково, 2021. - 20 с.
4. Зубова Н.Г. Расчет параметров каталитических процессов и реакторов / Методические указания к выполнению практических раб. — Балаково, 2021. - 28 с.
5. Зубова Н.Г. Расчеты адсорбционных процессов и реакторов / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2023.
6. Журнал «Труды БГИУ. Химия и технология неорганических веществ». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2484>

Электронно-библиотечные ресурсы БИТИ НИЯУ МИФИ

- 1 электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012620735 от 01.08.2012 г.) без ограничения количества пользователей и без ограничения срока использования ресурсов;
- 2 электронно-библиотечная система «Консультант студента» (общество с ограниченной ответственностью «Политехресурс»). Договор № 12-21-910 от 16.07.2021 г. на предоставление доступа к электронной библиотеке к комплектам «Медицина. Здравоохранение. Базовая коллекция», «Книги издательства «Феникс», «Издательский дом МЭМИ», «Книги издательства «Проспект»: «Иностранные языки»... по 31.08.2022 г.;
- 3 электронно-библиотечная система «Айбукс» (договор № 09-21-910 от 02.07.2021 г.) на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- 4 электронно-библиотечная система «Лань» (договор № 10-21-910 от 16.07.2021 г. только на книги издательства «Лань») на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- 5 электронно-библиотечная система «Лань» (договор № 11-21-910 от 16.07.2021 г. на книги других издательств-партнёров издательства «Лань») на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- 6 электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» (договор № 13-21-910 от 30.08.2021 г.) на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- 7 электронно-библиотечная система «Консультант врача» (договор № 590KB/05-2021

от 01.06.2021 г.) на предоставление доступа по 06.08. 2022 г.;

8 электронно-библиотечная система «BOOK.ru» (договор № 56 от 21.06.2021 г.) на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;

9 научная электронная библиотека «elibrary» (договор № SU-353/2022 от 14.12.2021 г.) на предоставление доступа по 31.12. 2022 г.

10 международный онлайн ресурс ProQuest (договор № 19-21-910 от 18.10.2021 г.) на предоставление доступа по 30.11. 2022 г.

7. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Для проведения лекции используется мультимедийный курс лекций, видеофильмы.

Практические занятия проводятся в компьютерных залах, оснащенных необходимым ПО.

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

оценочных средств по учебной дисциплине

«Оборудование заводов неорганических веществ»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	Пороговый ПК 1.1. Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов
Основной		Базовый ПК-1.2. Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность	Уметь обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность
Заключительный		Высокий ПК-1.3. Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

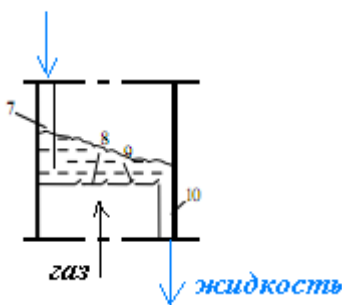
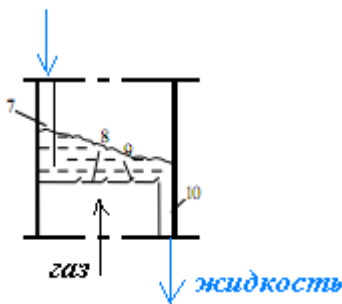
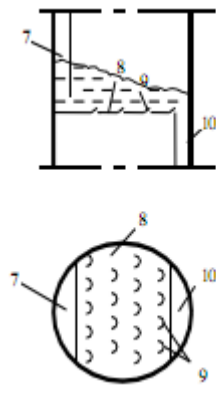
№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	Тема 1-6	7-й семестр

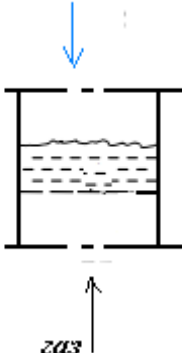
Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	ПК 1.1. Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов ПК-1.2. Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность ПК-1.3. Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	Тема 1-6	Тестовые задания (пороговый уровень), разноуровневые задачи и задания, экзамен

Перечень оценочных средств по дисциплине «оборудование заводов неорганических веществ»

**Тестовые задания
(пороговый уровень)**

Вопрос №1	1. Какой аппарат изображен на рисунке <i>жидкость</i> 
Ответ А	Смеситель
Ответ Б	Печь
Ответ В	Колонна
Ответ Г	Контактный аппарат
Вопрос №2	Укажите направление движения фаз в аппарате: <i>жидкость</i> 
Ответ А	Прямоточное
Ответ Б	Перекрестное
Ответ В	Противоточное
Ответ Г	Здесь нет фаз
Вопрос №3	1. Какой вид тарелок изображен на рисунке: 
Ответ А	Колпачковая
Ответ Б	Ситчатая
Ответ В	Струйно-направленная
Ответ Г	Насадочная

Вопрос № 4	Как называется типовое оборудование, пригодное для многих химических производств:
Ответ А	Универсальное
Ответ Б	Специальное
Ответ В	Специализированное
Ответ Г	Уникальное
Вопрос № 5	К какому виду оборудования относится контактный аппарат для проведения каталитических процессов
Ответ А	Основное
Ответ Б	Вспомогательное
Вопрос № 6	Укажите направление движения фаз в аппарате: 
Ответ А	Однонаправленное
Ответ Б	Противоточное
Ответ В	Перекрестное
Ответ Г	Перекрестно-противоточное

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «тестирование»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	85-100% правильных ответов
4	71-85% правильных ответов
3	61-70% правильных ответов
2	60% правильных ответов и ниже

Комплект заданий для контрольной работы

(базовый уровень)

вопросы первого уровня сложности

1.	Понятие катализа и катализаторов
2.	Контактные массы
3.	Сущность каталитического действия
4.	Стадии катализа на твердых катализаторах
5.	Области протекания каталитических реакций
6.	Технические характеристики контактных масс
7.	Основные этапы производства контактных масс. Разновидности промышленных катализаторов

(средний уровень)

вопросы второго уровня сложности

№ вариан- та	Задание
1.	1. Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки. Методы пропитки
	2. Плавленные и скелетные контактные массы. Условия проведения процесса плавления
2.	1. Параметры пористой структуры. Классификация пор по размерам
	2. Основные промышленные адсорбенты. Активные угли. Силикагели. Цеолиты. Глинистые породы

(высокий уровень)

вопросы третьего уровня сложности

1. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=1,5$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

2. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=2,0$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

3. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=2,5$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

4. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=3,0$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

5. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=3,5$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

6. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=4,0$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

7. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=4,5$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

8. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=5,0$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация

$C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

9. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135 \text{ мин}$) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=5,5 \text{ м}$. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25 \text{ м/мин}$; начальная концентрация $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

0. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135 \text{ мин}$) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=6,0 \text{ м}$. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25 \text{ м/мин}$; начальная концентрация $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «контрольная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90 – 100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75 – 89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50 – 74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Оценочные средства для промежуточной аттестации «зачет»

1. Катализаторы и каталитические процессы
2. Функциональность катализаторов
3. Сущность каталитического действия. Активный комплекс
4. Стадии катализа на твердых пористых катализаторах
5. Технические характеристики контактных масс: каталитическая активность, селективность
6. Технические характеристики контактных масс: устойчивость катализаторов к отравлению, механическая прочность
7. Классификация промышленных катализаторов в зависимости от метода синтеза и приготовления
8. Осажденные контактные массы: виды осажденных контактных масс, технологическая схема получения
9. Осажденные контактные массы: характеристика стадии растворения, осаждение
10. Осажденные контактные массы: стадии фильтрования и промывки
11. Осажденные контактные массы: характеристика стадий формовки, сушки и прокаливания
12. Катализаторы на носителях, получаемые методом нанесения: общие сведения и стадии получения катализаторов методом нанесения
13. Катализаторы, получаемые механическим смешением
14. Плавные катализаторы
15. Производство катализатора конверсии оксида углерода: стадии приготовления рабочих растворов и осаждения гидроксидов
16. Производство катализатора конверсии оксида углерода: стадии декантации и смешения исходных составляющих

17. Производство катализатора конверсии оксида углерода: стадии сушки и таблетирования контактной массы
18. Основные термины и определения адсорбционных процессов: адсорбент, адсорбтив, объемная фаза
19. Основные термины и определения адсорбционных процессов: адсорбционный процесс, адсорбционная емкость
20. Природа адсорбции и пористая структура адсорбентов
21. Виды промышленных адсорбентов: активные угли
22. Виды промышленных адсорбентов: силикагели
23. Виды промышленных адсорбентов: цеолиты
24. Виды промышленных адсорбентов: глинистые породы

**Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации
«экзамен»**

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	Зачтено
Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	Не зачтено

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обуча-

ющегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
- продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			

Лист дополнений к рабочей программе

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____

_____ И.О. Фамилия

« _____ » _____ 202__ г.

Список литературы к рабочей программе дисциплины
 _____ направление подготовки/специальность
 _____ по состоянию на « _____ » _____ 20__ г.

Основная литература:

- 1.
- 2.
- 3.

Дополнительная литература:

- 1.
- 2.
- 3.

Преподаватель _____
 _____ (подпись) _____ (И.О.Ф.)