

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.02.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Катализ, каталитические процессы и реакторы

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

18.03.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

направленность (профиль)/специализация

Рациональное использование энергетических и сырьевых ресурсов

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Общая трудоемкость: 7 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	34	34
Лабораторные	18	18
Практические	18	18
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	70,35	70,35
Самостоятельная работа	146	146
Контроль	35,65	35,65
Итого	252	252

Рабочую программу составил(и):
Старший преподаватель, ученое звание отсутствует, ученая степень отсутствует, Шевченко Ю.Н.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 18.03.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры
«Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 2 от «19» сентября 2019 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать у студентов представления о промышленных каталитических процессах, применяемых катализаторах и реакторах химических технологий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Общая химическая технология», «Моделирование и оптимизация энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Проектирование энергоресурсосберегающих технологий», «Преддипломная практика».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-3- способностью использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы	-	Знать: — физико-химические закономерности адсорбционных и каталитических явлений и их природу; — основные проблемы и задачи катализа.
		Уметь: — описывать механизмы каталитических реакций на примере кислотно-основного катализа и окислительно-восстановительного катализа.
		Владеть: — понятийным аппаратом и теоретическими представлениями катализа.
ПК-5- готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на		Знать: — методы анализа адсорбционных и каталитических процессов.
		Уметь: — анализировать и организовывать работу каталитических реакторов в режиме сбережения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду		материальных и энергетических ресурсов.
		Владеть: — навыками обоснования выбора катализаторов и реакторных устройств на новых и действующих промышленных объектах.
ПК-14 способностью применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе		Знать: — современные методы исследования технологических процессов
		Уметь: — использовать современные компьютерные средства при обработке результатов экспериментов.
		Владеть: — методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Адсорбция, ее роль в катализе	Лекция №1	Введение Важнейшие понятия и термины катализа. Активность, селективность и удельная поверхность гетерогенных катализаторов. Общий механизм каталитического действия. Катализ и химическое равновесие.	7	2			
	Лекция №2	Адсорбция, ее роль в катализе Физико-химические основы адсорбции. Виды адсорбции. Подвижность адсорбционного слоя. Скорость и время адсорбции. Изотерма адсорбции Лангмюра и выводы из нее проистекающие.	7	4			
	Лабораторная работа № 1	Определение теплоты адсорбции	7	4			Отчет по лабораторной работе № 1
	Практическое занятие № 1	Явление капиллярной конденсации. Уравнение Кельвина. Нахождение объема и размера пор адсорбента.	7	2			Отчет по практическому занятию № 1

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лекция №3	Энергетика физической и химической адсорбции Хемосорбция. Специфичность физической и химической адсорбции. Методы определения типа адсорбции. Энергетические взаимоотношения физической адсорбции и хемосорбции. Энергия адсорбции.	7	4			
	Лекция № 4	Общие закономерности и особенности диффузии	7	4			
	Практическое занятие №2	Цеолитсодержащие катализаторы крекинга, роль матрицы. Ароматизация при крекинге.	7	2			Отчет по практическому занятию № 2
	Практическое занятие №3	Гидродинамика процесса в реакторах со стандартным слоем катализатора. Продольная и поперечная диффузия.	7	2			Отчет по практическому занятию № 3
Модуль2. Основные теории катализа	Лекция №4	Основные теории катализа	7	4			
	Лабораторная работа № 2	Дегидратация этилового спирта	7	4			Отчет по лабораторной работе № 2

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Практическое занятие № 4	Модуль Тиле. Фактор эффективности работы зерна катализатора и его взаимосвязь с модулем Тиле.	7	2			Отчет по практическому занятию № 4
	Лекция № 5	Основы синтеза промышленных катализаторов	7	4			
	Практическое занятие № 5	Анализ стадий протекания химической реакции на поверхности гетерогенного контакта. Причина ускорения химической реакции на гетерогенном катализаторе по сравнению с гомогенным. Явление компенсионного эффекта, тета-температура.	7	2			Отчет по практическому занятию № 5
	Лекция № 6	Катализ на сплавах	7	4			
	Лабораторная работа № 3	Определение удельной поверхности катализаторов	7	4			Отчет по лабораторной работе № 3
	Лекция № 7	Катализаторы кислотноосновного типа	7	4			
	Лабораторная работа № 4	Определение кислотности катализаторов	7	4			Отчет по лабораторной работе № 4

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Практическое занятие № 6	Расчет химической эксергии для разных веществ отсчета и температуры окружающей среды	7	2			Отчет по практическому занятию № 6
	Промежуточная аттестация		7	0,35	-	-	Промежуточный тест
Модуль 3 Реакторные устройства	Лекция №8	Реакторные устройства, гидродинамика, тепломассоперенос	7	4			
	Лекция №9	Основные модели каталитических реакторов.	7	4			
	Практическая работа №7	Основные подходы при расчете реакционных аппаратов	7	2			Отчет по практическому занятию № 7
	Практическое занятие №8	Автотермические реакторы с объемным и каталитическим зажиганием сырья. Реакторы трехфазного кипящего слоя.	7	2			Отчет по практическому занятию № 8
	Практическое занятие № 9	Зависимость скорости тепловыделения от температуры и скорости теплоотвода.	7	2			Отчет по практическому занятию № 9
	Лабораторная работа №5	Итоговое занятие	7	2			Отчет по лабораторной работе № 1-№4

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Самостоятельная работа.	Подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. Изучение теоретического материала.	7	146			
	Подготовка к экзамену			36,5			
Итого:				252			

5. Образовательные технологии

При реализации дисциплины предполагается использование технологий традиционного обучения: лекции, практические занятия. Лекции с элементами дискуссии, с использованием технологий развития критического мышления. Практические занятия с обсуждением результатов деятельности.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Выполнение практических занятий должно быть оформлено в тетради для практических работ, и включать в себя:

1. Наименование и вариант работы.
2. Исходные данные.
3. Технологическая схема (аппаратная схема), нарисованная с использованием программного обеспечения.
4. Описание предлагаемого решения.
5. Общее заключение по результатам работы.

Выполнение лабораторных работ: отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями. При подготовке к защите студенту изучить контрольные вопросы.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Промышленные катализаторы гидрогенизационных процессов в нефтепереработке и нефтехимии.
2. Дезактивация катализаторов в каталитических реакторах.
3. Методы исследования состава и структуры поверхности катализаторов.
4. Структура механических катализаторов. Кластеры.
5. Закономерности подбора катализаторов для разных реакций.
6. Синтез Фишера – Тропша, конструкция реакторных устройств.
7. Реакторы синтеза метанола и получение из него бензина.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
7	ОПК- 3	Отчеты по практическим занятиям №1-9, отчеты по лабораторным работам №1-4. Вопросы к экзамену №1-№58.
7	ПК-5	Отчеты по практическим занятиям №1-9, отчеты по лабораторным работам №1-4. Вопросы к экзамену №1-№58.
7	ПК-14	Отчеты по практическим занятиям №1-9, отчеты по лабораторным работам №1-4.

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Типовые практические задания

(наименование оценочного средства)

Практическое занятие № 7

Основные подходы при расчете реакционных аппаратов

Цель работы: получение практических навыков расчета реакционных аппаратов.

Задание: определите производительность реактора

Исходные данные:

- гомогенная жидкофазная реакция типа $A+B \rightarrow R+S$ протекает в РИВ;
- константа скорости реакции $4.8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{кмоль} \cdot \text{сек}$;
- начальные концентрации веществ $C_{A,0} = C_{B,0} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ кмоль/м}^3$;
- концентрация вещества А на выходе из реактора равна $1,4 \cdot 10^{-2} \text{ кмоль/м}^3$;
- объем реактора $V_p = 0,2 \text{ м}^3$.

Критерии оценки:

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Промежуточная аттестация (тестирование)

1 Снижение энергии активации гетерогенно-каталитической реакции зависит:

- от количества активных центров;
- от теплоты хемосорбции исходных молекул;
- от энергии образования промежуточного комплекса на поверхности катализатора.

2 Основной вклад в энергию межмолекулярного взаимодействия вносят:

- а) ориентационные силы;
 - б) дисперсионные силы;
 - в) индукционные силы.
- И т.д.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр_7_

№ п/п	Вопросы к экзамену
1.	Основные понятия и определения в катализе (активность, селективность и т.д.).
2.	Адсорбция и ее роль в катализе. Силы, действующие при физической адсорбции.
3.	Хемосорбция. Примеры хемосорбированных комплексов.
4.	Термодинамика и энергетика физической и химической адсорбции.
5.	Внешняя диффузия. Методы устранения внешнедиффузионного торможения.
6.	Примеры использования внешнедиффузионной области в промышленных процессах.
7.	Внутренняя диффузия, ее виды и характеристика. Критерии оценки наличия внутридиффузионных затруднений.
8.	Виды внутренней диффузии и методы устранения внутридиффузионного торможения химического процесса.
9.	Внутридиффузионное торможение и внутренний разогрев катализатора.
10.	Фактор эффективности работы зерна катализатора, модуль Тиле
11.	Стадии гетерогенно-каталитической реакции. Кажущая и истинная энергия активации.
12.	Причины, обуславливающие увеличение скорости гетерогеннокаталитической реакции по сравнению с гомогенной.
13.	Сравнение величины активности различных катализаторов. Компенсационный эффект.
14.	Перечислить все стадии приготовления Ni-Cr катализатора методом соосаждения. Назначение каждой стадии
15.	Получение катализаторов с различным характером распределения активного компонента по глубине зерна. Применение таких катализаторов.
16.	Пористая структура катализаторов. Методы определения удельной поверхности.
17.	Определение объема и размера пор катализаторов методом вдавливания ртути.
18.	Определение удельной поверхности металла на носителе.
19.	Определение удельной поверхности металла на носителе.
20.	Структура и свойства дисперсных металлических частиц. Их поведение в окислительной и восстановительной средах.
21.	Структура и свойства дисперсных металлических частиц. Их поведение в окислительной и восстановительной средах.
22.	Коксообразование на металлоксидных катализаторах. Характеристика коксовых отложений.
23.	Суть отравления металлических катализаторов. Яды, их действие.
24.	Катализ на сплавах. Структурно чувствительные и структурно нечувствительные реакции.
25.	Механизм гидрирования ароматических углеводородов на металле.
26.	Твердые кислоты, причины появления кислотных свойств.
27.	Механизм образования ароматических углеводородов из парафинов на металлоксидном катализаторе. Перечислить возможные пути ароматизации.
28.	Сила кислотных центров катализатора. Методы её определения, их достоинства и недостатки.
29.	Сила кислотных центров катализатора. Методы её определения, их достоинства и недостатки.

№ п/п	Вопросы к экзамену
30.	Метод отдельного определения льюисовской и бренстедовской кислотности.
31.	Корреляция активности катализатора с силой кислотного центра, кислотностью и типом кислотного центра.
32.	Каталитическая изомеризация низкомолекулярных парафинов. Типы каталитических систем и механизм их действия.
33.	Влияние механизма реакции изомеризации на технологию промышленного процесса.
34.	Цеолиты, их состав. Модуль. Молекулярно-ситовые свойства.
35.	Строение цеолитов типа А и Х. Появление кислотных свойств у цеолитов.
36.	Цеолитсодержащие катализаторы крекинга углеводородов. Роль матрицы
37.	Цеолитсодержащие катализаторы крекинга углеводородов. Роль матрицы
38.	Механизм реакции ароматизации на катализаторах кислотного типа.
39.	Химизм образования кокса при каталитическом крекинге.
40.	Катализаторы риформинга. Состав и назначение отдельных компонентов.
41.	Гидродинамические процессы в реакторах со стационарным слоем катализатора.
42.	Продольное и поперечное перемешивание в реакторах со стационарным слоем катализатора.
43.	Градиент температуры поперек потока и его зависимость от эффективного коэффициента теплопроводности слоя катализатора.
44.	Зависимость скорости экзотермической реакции от эффективного 16 коэффициента теплопроводности в реакторе неподвижного слоя.
45.	Продольная и поперечная диффузия в реакторах с неподвижным слоем.
46.	Преимущества применения псевдоожиженного слоя в реакторах по сравнению с неподвижным слоем.
47.	Зависимость гидравлического сопротивления потока для аппаратов неподвижного и псевдоожиженного слоя от диаметра зерна и скорости газа.
48.	Перемешивание твердой и газообразной фаз в псевдоожиженном слое.
49.	Определение времени реакции в аппаратах полного вытеснения и полного перемешивания.
50.	Недостатки способа псевдоожижения.
51.	Способы, приближающие аппараты псевдоожижения к аппаратам полного вытеснения.
52.	Основные типы двухфазных каталитических реакторов со стационарным слоем катализатора.
53.	Реакторы трубчатого типа, охлаждаемые водой, органическими теплоносителями или расплавами солей.
54.	Автотермические реакторы с объемным или каталитическим зажиганием сырья.
55.	Назначение, области применения и принцип работы реакторов трехфазного кипящего слоя.
56.	Влияние степени превращения на соотношение объемов катализатора для псевдоожиженного и неподвижного слоев в реакторе.
57.	Зависимость скорости теплоотвода для реактора с охлаждением
58.	Устойчивость работы реактора при наличии случайных возмущений параметров.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7	Экзамен	«отлично»	Ответ на два теоретических вопроса, студент в полном объеме владеет материалом и отвечает на один дополнительный вопрос с пониманием, приводит примеры.
		«хорошо»	Ответ на два теоретических вопроса, студент в полном объеме владеет материалом, ответ на теоретический материал одного из вопросов экзаменационного билета неполный, не отвечает на дополнительный вопрос, приводит примеры.
		«удовлетворительно»	Ответ на теоретический материал по одному из двух теоретических вопросов полный, ответы на дополнительные вопросы по теоретическому экзаменационному материалу билета должны быть близкими к теории.
		«неудовлетворительно»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Аветисов, А. К.	Прикладной катализ	учебник	2020	ЭБС «Лань»
2	Селиванова Н.М.	Химическая кинетика	учебное пособие	2020	ЭБС «Znanium»
3	Сибаров, Д. А.	Катализ, каталитические процессы и реакторы	учебное пособие	2022	ЭБС «Лань»
4	Корытцева, А. К.	Химические реакторы. Введение в теорию и практику	учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Агibalова, Н. Н.	Технология и установки переработки нефти и газа	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
2	Шлыков, С. А.	Катализ в промышленности. Теория и прикладные каталитические процессы :	учебное пособие	2018	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- <https://webbook.nist.gov/chemistry>»;
- Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов;
- Федеральный портал «Открытое образование»;
- Web of Science [Электронный ресурс]: мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016 – Режим доступа: apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ;
- Scopus [Электронный ресурс]: реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004 – Режим доступа: scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ;
- Elibrary [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Москва: НЭБ, 2000. – Режим доступа: elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398, бессрочная
2	Office Standart	1398, бессрочная
3	MathCAD версия 14 или 15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочный
4	Компас-3D	Бессрочная

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория "Процессы и аппараты защиты окружающей среды". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-409)	Столы ученические, столы компьютерные, стулья. Доска передвижная, проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение аэродисперсной системы в пространстве, ПК-7, стенд информационный п/а467.
2	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения	Переносной проектор, экран, столы компьютерные, стол преподавательский, стулья, доска аудиторная (маркерная)- ПК с выходом в сеть Интернет

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (УЛК-203)	
3	Лаборатория «Технология органических соединений». Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. (А-311)	Стол лабораторный островной физический; стол островной химический; полка для посуды; мойка; столы лабораторные; стол письменный; шкаф вытяжной 1500ШВ; установка вакуумно-испарительная, шкаф сушильный WS31; баня водяная многоместная; печь муфельная; плитки электрические ; магнитная мешалкаUS-6120 S/N 141375; Термостат UTU-4; гигрометр-психрометр ВИТ-2,аппарат для определения температуры вспышки; ионообменная колонна; весы аналитические ВЛР200; весы электронные HL100; штатив лабораторный; табурет лабораторный; стул; химическая посуда, доска меловая, хроматограф, холодильник
4	Лаборатория "Процессов и АХП". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-118)	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации, процесса теплопередачи (труба в трубе), лабораторная установка для измерения давления, стационарное медиа оборудование, интерактивная доска. Столы ученические, стулья ученические.
5	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры