

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Институт биотехнологии и химического инжиниринга

Кафедра фундаментальной и прикладной химии



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИБХИ

Вобликова Т.В.

«22» декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

Гетерогенно-каталитические процессы

по направлению подготовки

18.04.01 Химическая технология

направленности (профилю)

Технология неорганических веществ и функциональных материалов

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела обеспечения
деятельности ИБХИ

Кондратьева Т.Н.
«22» декабря 2022 г.

Разработал
директор ИБХИ

Вобликова Т.В.
«12» декабря 2022 г.

доцент кафедры ФПХ

Петухова Е.А.
«12» декабря 2022 г.

Принято на заседании кафедры ФПХ

Протокол №311 от «16» 12 2022 г.

И.о. заведующего кафедрой

Исаков В.А.
«16» декабря 2022 г.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины: является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности магистранта. Дисциплина «Гетерогенно-каталитические процессы» формируют технологическое мировоззрение магистрантов для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Задачи: формирование знаний, умений и навыков в следующих направлениях:

- а) обучение умению обработки и обобщения новейшей научно-технической информации о значении катализа, в области переработки нефти и газа;
- б) получение знаний, умения и опыта, в области современных исследований катализа и катализаторах;
- в) проведение научно-исследовательской работы, основными направлениями которой являются изучение особенностей протекания катализа.

2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина относится к элективной части учебного плана основной профессиональной образовательной программы направления подготовки 18.04.01 Химическая технология и профилю Технология неорганических веществ и функциональных материалов (далее – ОПОП). В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин (модулей, практик): «Катализаторы и адсорбенты в технологии неорганических веществ и функциональных материалов», «Методы получения функциональных материалов», «Теоретические и экспериментальные методы в химии», «Инструментальные методы исследования в химической технологии». Освоение учебной дисциплины (модуля) является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик): «Комплексная переработка минерального сырья», «Научные основы синтеза катализаторов»

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины (модуля):

ПК – 3. Способен совершенствовать технологический процесс, разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов, изыскивать способы утилизации отходов производства, исследовать причины брака в производстве и разрабатывать предложения по его предупреждению и устранению.

Результаты освоения учебной дисциплины:

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)		
ПК – 3. Способен совершенствовать технологический процесс, разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов, изыскивать способы утилизации отходов производства, исследовать причины брака в производстве и разрабатывать предложения по его предупреждению и устранению	Знать основные технологии производства неорганических веществ и функциональных материалов, методы получения различных материалов и их физико-химические характеристики	Уметь осуществлять выбор технологической линии производства неорганических веществ и функциональных материалов	Владеть методами и аналитического контроля сырья, промежуточных продуктов и готовой продукции

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения:

Части учебной дисциплины (модуля)	Всего	Распределение по семестрам
		3 семестр
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	3
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	27	27
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) (при наличии)	-	-
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	81	81
5. Промежуточная аттестация (зачет; дифференцированный зачет; экзамен) (АЧ)	зачет	зачет

4.2 Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Теоретические основы гетерогенного катализа.

1.1 Существующие теории катализа.

1.2 Стадии гетерогенного катализа.

Раздел 2. Синтез и производство катализаторов.

2.1 Теоретические основы подбора катализаторов.

2.2 Синтез и производство катализаторов.

4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

№	Наименование разделов (тем) учебной дисциплины (модуля), УЭМ, наличие КР/КР	Контактная работа (в АЧ)			Внеауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля	
		Аудиторная					
		ЛЕК	ПЗ	ЛР			
УЭМ 1. Теоретические основы гетерогенного катализа.							
1.1	Существующие теории катализа.	2	4,5	-	1	20	Контрольная работа
1.2	Стадии гетерогенного катализа.	2	4,5	-	1,5	20	Контрольная работа
УЭМ 2. Синтез и производство катализаторов.							
2.1	Теоретические основы подбора катализаторов.	2	4,5	-	1	20	Контрольная работа
2.2	Синтез и производство катализаторов.	3	4,5	-	1,5	21	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация	зачет					
	ИТОГО	9	18	-	5	81	

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

Не предусмотрены учебным планом

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
<i>Раздел 1. Теоретические основы гетерогенного катализа.</i>		
1	Существующие теории катализа(лекция - презентация)	2
2.	Стадии гетерогенного катализа. (лекция - презентация)	2
<i>Раздел 2. Синтез и производство катализаторов.</i>		
1	Теоретические основы подбора катализаторов. (лекция - презентация)	2
2	Синтез и производство катализаторов. (лекция - презентация)	3
	ИТОГО	9

Средствами проведения занятий являются голосовые сообщения преподавателя, презентации по темам, интерактивные средства, учебные фильмы. Для выполнения самостоятельной работы студентам необходимо пользоваться основной литературой и дополнительной литературой, электронными ресурсами в соответствии с картой учебно-методического обеспечения дисциплины (Приложение Б). Результаты самостоятельной работы оформляются в виде конспекта лекций или реферата. Контроль по изучению теоретической части модуля осуществляется методом проведения контрольных работ по объединённым темам (Приложение А)

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
<i>Раздел 1. Теоретические основы гетерогенного катализа.</i>		
1	Расчет производительности катализатора(работа в группе)	4,5
2	Расчет каталитических процессов и реакторов(работа в группе)	4,5
<i>Раздел 2. Синтез и производство катализаторов.</i>		
1	Синтез и технология производства оксидных катализаторов: алюмокобальтовых, алюмомолибденовых, АКМ, алюмоникелевых, АНМ, никельвольфрамовых, цеолитныхалюмоникельмолибденкремнекислородных (работа в группе)	4,5
2	Технология производства металлических и бифункциональных металл нанесенных катализаторов (работа в группе)	4,5
	ИТОГО	18

Рекомендации к проведению практических занятий.

1) Работа в группе

а) Тема работы: Расчет производительности катализатора

Возможные вопросы для обсуждения:

Пример 1. Производительность реактора дегидрирования н-бутана до н-бутенов составляет 17400 кг целевого продукта в час. Процесс проводят при 6000С, и в этих условиях степень конверсии н-бутана равна 30%, а селективность по н-бутенам составляет 75%. Определить вместимость реактора.

Пример 2. Акрилонитрил получают окислительным аммонолизом пропилена в псевдоожигенном слое катализатора. В реактор, производительность которого по целевому продукту равна 5600 кг/ч, поступает газовая смесь, объемная доля пропилена в которой 8%. При 4500С степень конверсии пропилена равна 60%, а селективность по акрилонитрилу составляет 75%. Определить объем катализатора в реакторе, приняв для расчета константы скорости такую формулу:

Пример 3. Время пребывания углеводородов при получении ацетилена электрокрекингом равно 0,001 с, объемный расход газов пиролиза равен 25500 м³/ч, скорость газов в реакционной камере составляет 900 м/с. определить площадь сечения, высоты и объем реакционной камеры электродугового реактора.

Пример 4. Объемная скорость подачи этилена в реактор прямой гидратации равна 1900 ч⁻¹, а объемный расход этилена составляет 22000 м³/ч. Определить объем катализатора, необходимый для проведения процесса.

Пример 5. Производительность реактора окисления метанола составляет 3500 кг формалина в час; массовая доля формальдегида в нем равна 37%. Диаметр сечения аппарата 1,4 м, высота слоя контактной массы 75 мм. Определить производительность 1 кг и 1л контактной массы. Насыпная плотность катализатора равна 600 кг/м³.

Примерные задания контрольной работы приведены в Приложении А.

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины (модуля)

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины (модуля)

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины (модуля) представлено в Приложении Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

№	Требование к материально-техническому обеспечению согласно ФГОС ВО	Наличие материально-технического оборудования
1.	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	аудитория для проведения лекционных и/или практических занятий: учебная мебель (столы, стулья, доска) компьютерный класс с выходом в Интернет, в том числе для проведения практических занятий
2.	Мультимедийное оборудование	проектор, компьютер, экран, интерактивная доска
3.	Программное обеспечение	
Наименование программного продукта		Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)
Microsoft Windows 7 Professional Dreamspark (Imagine)		30.04.2015
Microsoft Windows 10 for Educational Use Dreamspark (Imagine)		30.04.2015
Microsoft Office 2013 Standard Open		31.07.2016
Подписка MicrosoftOffice 365		-
ABBYY FineReader PDF 15 Business. Версия для скачивания		26.10.2021
Zbrush Academic Volume License		30.11.2020
Academic VMware Workstation 16 Pro for Linux and Windows, ESD		03.11.2020
Acronis Защита Данных для рабочей станции, Acronis Защита Данных. Расширенная для физического сервера		03.11.2020

Антиплагиат. Вуз.	№3341/12/ЕП(У)21-ВБ	29.01.2021
Adobe Acrobat	свободно распространяемое	-
Teams	свободно распространяемое	-
Skype	свободно распространяемое	-
Zoom	свободно распространяемое	-

Приложение А
(обязательное)
Фонд оценочных средств
учебной дисциплины «Гетерогенно-каталитические процессы»

1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть – общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть – фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1.	Контрольная работа № 1	УЭМ 1. Теоретические основы гетерогенного катализа. 1.1 Существующие теории катализа.	30	ПК -3
2	Контрольная работа № 2	УЭМ 1. Теоретические основы гетерогенного катализа. 1.2 Стадии гетерогенного катализа.	40	ПК -3
3	Контрольная работа № 3	УЭМ 2. Синтез и производство катализаторов. 2.1 Теоретические основы подбора катализаторов.	40	ПК -3
4	Контрольная работа № 4	УЭМ 2. Синтез и производство катализаторов. 2.2 Синтез и производство катализаторов.	40	ПК 3
Промежуточная аттестация				
	Зачет		-	
	ИТОГО		150	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Контрольная работа

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество вопросов
Количество правильных ответов	4	4

Пример контрольной работы № 1

1. В процессе изомеризации выход изопентана в расчете на поданный н-пентан равен 40%, а мольные соотношения водорода и н-пентана равно 2:1. Определить массу н-пентана и объем водорода, необходимые для получения 6 т изопентана.
2. Степень конверсии н-бутана в процессе его дегидрирования равна 42%, а селективность по н-бутенам составляет 85%. Определить объем н-бутана, необходимый для получения 8000 м³ н-бутенов.
3. В процессе дегидрирования н-бутенов степень конверсии сырья составляет 22%, а селективность по бутадиену равна 80%. Определить массу бутадиена, получаемого из 8500 м³ н-бутенов.
4. Производительность реактора окислительного пиролиза метана равна 45000 м³ газов пиролиза в час при времени реакции 0,003 с. определить диаметр реакционной зоны, если её длина составляет 600 мм.

Пример контрольной работы № 2

1. При газофазном хлорировании 1000 м³ метана образовалось 500 кг метилхлорида, селективность по которому составила 52%. Определить степень конверсии метана.
2. Объемный расход метана, подаваемого в реактор газофазного хлорирования, равен 400 м³/ч; мольное отношение подаваемых метана и хлора равно 5 : 1, а объемная скорость подачи газов в реакционное пространство составляет 240 ч⁻¹. Определить рабочий объем реактора.
3. При прямой гидратации этилена селективность по этанолу составляет 96%. Определить степень конверсии этилена, если на гидратацию подано 28000 м³ газа, объемная доля этилена в котором 85%, а масса полученного этанола равна 2100 кг.
4. Производительность 1 м³ катализатора в реакторе окислительного аммонолиза пропилена равна 50 кг акрилонитрила в час, объемный расход исходной газовой смеси равен 12100 м³/ч, а объемная скорость смеси равна 550 ч⁻¹. Определить суточную производительность реактора по акрилонитрилу.

Пример контрольной работы № 3

1. Производительность установки гидрохлорирования ацетилену равна 1,2 т винилхлорида в час при производительности катализатора по винилхлориду 50 кг/(м³·ч). Определить число реакторов, необходимых для обеспечения заданной производительности, если объем катализатора в каждом реакторе равен 6 м³.
2. В процессе гидрохлорирования ацетилену образовалось 1900 кг винилхлорида. Определить выход винилхлорида в расчете на поданный ацетилен, если объем подаваемого ацетилену равен 700 м³.
3. Объемный расход синтез-газа в реакторе получения метанола равен 600 тыс. м³/ч, а объемная скорость подачи сырья составляет 10000 ч⁻¹. Определить производительность катализатора, если производительность реактора равна 12 т метанола в час.
4. Массовый расход ацетальдегида, подаваемого на окисление, равен 2,5 т/ч, а объемная доля ацетальдегида в исходной паро-воздушной смеси равна 25%. Определить диаметр реактора, если линейная скорость смеси в сечении аппарата равна 0,15 м/с

Пример контрольной работы № 4

1. Для пиролиза взято 1000 м³ природного газа, в котором объемная доля метана равна 90%. Определить массу образовавшегося ацетилена, если степень конверсии метана равна 96%, а селективность по ацетилену составляет 32%.
2. В процессе алкилирования бензола этиленом селективность по этилбензолу равна 85% при степени конверсии бензола 30%. Определить массу бензола, необходимого для получения 5000 кг этилбензола.
3. Для алкилирования бензола используют пропан-пропиленовую фракцию, объемная доля пропилена в которой равна 0,56. Определить объем пропан-пропиленовой фракции, необходимой для получения 2000 кг изопропилбензола, если селективность по изопропилбензолу составляет 97%.
4. Степень конверсии метанола в процессе его окисления до формальдегида равна 89%, а селективность по формальдегиду составляет 96%. Определить объем метанола, необходимого для получения 3500 кг формалина, в котором массовая доля формальдегида равна 37%.

Все материалы для проведения промежуточного контроля хранятся на кафедре.

Приложение Б
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения
учебной дисциплины «Гетерогенно-каталитические процессы»

Таблица 1 – Основная литература*

<i>Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)</i>	<i>Кол. экз. в библ. НовГУ</i>	<i>Наличие в ЭБС</i>
Печатные источники		
Кондауров Б.П. Общая химическая технология: Учебное пособие для вузов/ Б.П. Кондауров, В.И. Александров, А.В. Артемьев. – Москва: Академия, 2005. – 332,[2]с.: ил.-(Высшее профессиональное образование, Химическая технология).- Библиогр.:с.328.-ISBN: 5-7695-1792-1: (в пер.): 220.22.	5	
Соколов Р.С. Химическая технология: учеб. пособие для высш. учеб. заведений: в 2 т. Т.1: Химическое производство в антропогенной деятельности. Основные вопросы химической технологии. Производство неорганических веществ.— Москва: Владос, 2000.-336 с.- (Учебное пособие для вузов).- Библиогр.: с.335-337.- Прил.: с.358-364.- ISBN: 5-691-00355-0.- ISBN: 5-691-00356-9: (в пер.): 48.00.-46.00.-49.00.-50.00.	24	
Соколов Р.С. Химическая технология: учеб. пособие для высш. учеб. заведений: в 2 т. Т.2: Металлургические процессы. Переработка химического топлива. Производство органических веществ и полимерных материалов.— Москва: Владос, 2000.-447 с.- (Учебное пособие для вузов).-Библиогр.: с.443-444.- ISBN: 5-691-00355-0.- ISBN: 5-691-00357-7: (в пер.): 49.00.-46.00.-50.00.	24	
Электронные ресурсы		
Общая химическая технология: методические указания к практическим работам по курсу «Химическая технология» / Сост. Е.А. Петухова. – НовГУ им. Я. Мудрого. – В. Новгород. – 2014. – 88 с. URL.: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-1955		+

Таблица 2 – Дополнительная литература

<i>Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)</i>	<i>Кол. экз. в библ. НовГУ</i>	<i>Наличие в ЭБС</i>
Печатные источники		
Бесков В.С. Общая химическая технология: учеб. для вузов. - Москва: Академкнига, 2006. - 452,[2]с.: ил.-Библиогр.:с.446.-ISBN: 5-94628-149-6. -ISBN: 978-5-946-28149-2.: (в пер.): 295.00.	2	
Электронные ресурсы		
Аветисов, А. К. Прикладной катализ : учебник / А. К. Аветисов, Л. Г. Брук ; под редакцией О. Н. Темкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-3854-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/126902 (дата обращения: 07.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		Лань

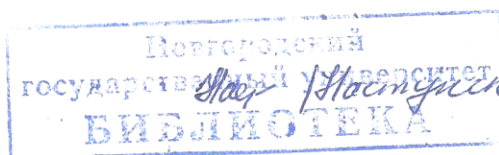


Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5- 8114-2158-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169060 .		Лань
--	--	------

Таблица 3 – Информационное обеспечение

Наименование ресурса	Договор	Срок договора
Профессиональные базы данных		
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/	Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» https://www.biblio-online.ru	Договор № 56/ЕП(У)21 от 17.12.2021	31.12.2022
Электронная библиотечная система «IPRsmart» http://www.iprbookshop.ru	Договор № 8658/21П от 24.03.2022	31.12.2022
Электронная база данных электронной библиотечной системы «Лань» https://e.lanbook.com	Договор № 59/ ЕП (У)21 от 17.12.2021	31.12.2023
Национальная электронная библиотека (НЭБ) https://rusneb.ru/	Договор № 101/НЭБ/2338 от 04.07.2017	31.08.2022
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/	в открытом доступе	-
Национальная подписка в рамках проекта Министерства образования и науки РФ (Госзадание № 4/2017 г.) к наукометрическим БД Scopus и Web of Science https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic	регистрация (территория вуза)	2022
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/	в открытом доступе	-
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» https://нэб.рф	в открытом доступе	-
Информационные справочные системы		
Университетская информационная система «РОССИЯ» https://uisrussia.msu.ru	в открытом доступе	-
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» https://openedu.ru	в открытом доступе	-
Портал открытых данных Российской Федерации https://data.gov.ru	в открытом доступе	-
Справочно-правовая система КонсультантПлюс (КонсультантПлюс студенту и преподавателю) www.consultant.ru/edu/	в открытом доступе	-

И.о. зав. кафедрой В.А. Исаков
« 12 » декабря 2022 г.



Приложение В
(обязательное)
Лист актуализации рабочей программы
учебной дисциплины «Гетерогенно-каталитические процессы»

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.
Протокол № ____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.
Протокол № ____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.
Протокол № ____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:

<i>Номер изменения</i>	<i>№ и дата протокола заседания кафедры</i>	<i>Содержание изменений</i>	<i>Зав.кафедрой</i>	<i>Подпись</i>