

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
Д.Ш. Султанова  
«07» июня 2021 г.

Рабочая программа дисциплины в виде электронного документа выгружена из информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу  
Простая электронная подпись, ID подписи: 1060  
Подписал Проректор по учебной работе Д.Ш. Султанова  
Дата 07.06.2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «**ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ**»

Специальность:	15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Специализация:	Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств
Квалификация выпускника:	Инженер
Форма обучения:	Очная
Институт:	Институт химического и нефтяного машиностроения
Факультет:	Механический факультет
Кафедра-разработчик:	Кафедра «Общей химической технологии»
Курс; семестр	3; 5

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	18	0,5
Лабораторная работа	18	0,5
Контроль самостоятельной работы	18	0,5
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации: Зачет (5 сем)		
Всего	108	3

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 1343 от 28.10.2016) по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов для специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» на основании учебных планов набора обучающихся 2021 года.

Разработчик программы:

Доцент

Н.М. Нуруллина

---

## **СОГЛАСОВАНО**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Общей химической технологии», протокол от 28.05.2021 г. № 12.

Заведующий кафедрой *Согласовано* Х.Э. Харлампиди

## **УТВЕРЖДЕНО**

Начальник центра УМЦ

*Утверждаю*

Л.А. Китаева

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Химические реакторы» являются:

- раскрытие сущности протекающих в реакторе процессов и установление их взаимосвязи с наблюдаемыми и скрытыми явлениями в ходе эволюции технологического процесса;
- обучение методологии проектирования реактора путем последовательного использования основных факторов, обеспечивающих заданную степень совершенства конструкции и анализ альтернатив с оценкой реализуемости;
- ознакомление с современными промышленными гомо- и гетерофазными аппаратами, анализ их до-стоинств и недостатков и обоснование выбора существующего реактора под новую технологию.

### **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Химические реакторы» относится к вариативной части ООП и формирует у обучающихся по специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Химические реакторы» обучающийся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Высшая математика
2. Общая и неорганическая химия
3. Общая химическая технология
4. Органическая химия
5. Процессы и аппараты химической технологии
6. Техническая термодинамика и теплотехника
7. Физика
8. Физическая химия

Дисциплина «Химические реакторы» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

1. Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2. Математическое моделирование технологических процессов
3. Основы проектной деятельности
4. Производственная практика (преддипломная практика)

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

**ПК-1** способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий

**ПК-15** способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

**Знать:**

- основные функции инженера на химическом производстве: -решать профессиональные задачи в производственно-технологической и проектировочной деятельности;
- параметры и режимы работы реакционных устройств;
- условия безопасной работы
- классификацию реакторов;
- показатели эффективности функционирования реактора;
- конструкции современных гомо- и гетерофазных промышленных реакционных аппаратов;
- элементы структуры реактора;
- параметры и режимы работы реакционных устройств;
- динамические свойства гетерофазных реакторов;
- основные требования к конструкции реактора;
- тенденции современного реакторостроения;
- условия безопасной работы

**Уметь:**

- обосновать выбор элементов конструкции реактора для поддержания заданных параметров процесса;
- проанализировать химико-технологическую систему и выявить совокупность протекающих в ней процессов и явлений;
- рассчитать материальный и тепловой балансы реактора;
- дать экологическую и экономическую оценки конструкции промышленного реактора-аналога проектируемого аппарата;
- проанализировать химико-технологическую систему и выявить совокупность протекающих в ней процессов и явлений

**Владеть:**

методами анализа эффективности работы химических производств при разработке технологических процессов

- методами работы на ЭВМ для выполнения расчетов и нахождения необходимой для этих целей информации;

- методами анализа эффективности работы химических производств при разработке технологических процессов;
- методами расчета материальных, тепловых балансов, критериев эффективности технологических процессов;
- навыками решения прикладных, учебных, инженерных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации	
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные	КСР	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.	Теория химического реактора: основные понятия	5	2				2	8	Практические занятия
2.	Гидродинамический режим реактора (реакторы смешения и вытеснения, каскад реакторов). Время пребывания реагентов в зоне реакции. Одно- и двухпараметрическая диффузионные модели реактора вытеснения. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Материальный баланс реактора.	5	8		12		6	23	Доклад, сообщение; Контрольная работа; Практические занятия; Разноуровневые задачи и задания
3.	Теплоперенос в химических реакторах	5	4		3		5	11	Практические занятия; Собеседование
4.	Промышленные реакторы	5	4		3		5	12	Доклад, сообщение; Тест
	<b>Итого по семестру</b>	<b>5</b>	<b>18</b>		<b>18</b>		<b>18</b>	<b>54</b>	<b>Зачет</b>

#### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	Теория химического реактора: основные понятия	2	Теория химического реактора: основные понятия, параметры реактора. Классификация химических реакторов. Показатели эффективности работы реактора.	ПК-1 ПК-15
2.	Гидродинамический режим реактора (реакторы смешения и вытеснения, каскад реакторов). Время пребывания	5	Основные математические модели процессов в химических реакторах (гидродинамические модели) и методика	ПК-15

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
	реагентов в зоне реакции. Одно- и двухпараметрическая диффузионные модели реактора вытеснения.		их расчета.	
3.		2	Каскад реакторов К-РИС. Сравнение РИС и РИВ.	ПК-15
4.	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Материальный баланс реактора.	1	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора.	ПК-15
5.	Теплоперенос в химических реакторах	4	Тепловой баланс реактора. Устойчивость режима работы химического реактора. Графический метод определения условий стационарности режима реактора.	ПК-15
6.	Промышленные реакторы	4	Промышленные реакторы. Реакторы для проведения гомогенных, гетерогенных, гетерогенно-каталитических процессов.	ПК-15
	<b>ВСЕГО</b>	<b>18</b>		

## 6. Содержание практических/семинарских занятий

Проведение практических/семинарских занятий не предусмотрено учебным планом

## 7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Формируемые компетенции	
1	2	3	4	6	
1.	Гидродинамический режим реактора (реакторы смешения и вытеснения, каскад реакторов). Время пребывания реагентов в зоне реакции. Одно- и двухпараметрическая диффузионные модели реактора вытеснения. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Материальный баланс реактора.	2	Гидродинамические модели реакторов	ПК-15	
2.		2	Расчет материального баланса и критериев эффективности химического реактора. Простая необратимая реакция.	ПК-15	
3.		1	Контрольная работа «Расчет материального баланса и критериев эффективности химического производства»	ПК-15	
4.		4	Расчет материального баланса химического реактора (сложные необратимые реакции, обратимые реакции).	ПК-15	
5.		2	Расчет химических реакторов (РИС, РИВ)	ПК-15	
6.		1	Контрольная работа "Расчет РИС и РИВ"	ПК-15	
7.		Теплоперенос в химических реакторах	2	Расчет теплового балансов химического реактора	ПК-15
8.			1	Тепловые режимы работы химического реактора. Устойчивость режима работы химического реактора.	ПК-15
9.		Промышленные реакторы	2	Студенческая конференция «Промышленные реакторы»	ПК-1 ПК-15
10.			1	Тестирование по теоретическому материалу курса	ПК-15
	<b>ВСЕГО</b>	<b>18</b>			

## 8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции

1	2	3	4	5
1.	Теоретические закономерности изучаемых реакторов и их практическое применение.	8	подготовка к лабораторной работе	ПК-1 ПК-15
2.	Функция распределения времени пребывания. Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Схемы питания реакторов периодического и непрерывного действия.	23	подготовка к контрольной работе, подготовка к лабораторной работе	ПК-15
3.	Тепловая устойчивость режима реактора. Графический метод определения условий стационарности режима реактора. Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный. Теплоносители и хладагенты. Теплообменные устройства реакторов. Реакторы с внутренним и наружным теплообменом.	11	подготовка к лабораторной работе, подготовка к участию в дискуссии	ПК-15
4.	Реакторы для проведения процессов в системе газ-жидкость. Реакторы барботажной группы. Реакторы с механическим диспергированием газа (работающие в пленочном режиме; типа колонн с насадкой; колонны с колпачковыми и ситчатыми тарелками). Реакторы для проведения некаталитических и каталитических процессов.	12	подготовка доклада, подготовка к тестированию	ПК-1 ПК-15
	<b>ВСЕГО</b>	<b>54</b>		

### 8.1. Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	Теоретические закономерности изучаемых реакторов и их практическое применение.	2	консультирование	ПК-1 ПК-15
2.	Функция распределения времени пребывания. Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Схемы питания реакторов периодического и непрерывного действия.	6	заслушивание доклада, проверка контрольной работы	ПК-15
3.	Тепловая устойчивость режима реактора. Графический метод определения условий стационарности режима реактора. Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный. Теплоносители и хладагенты. Теплообменные устройства реакторов. Реакторы с внутренним и наружным теплообменом.	5	консультирование, участие в дискуссии	ПК-15
4.	Реакторы для проведения процессов в системе газ-жидкость. Реакторы барботажной группы. Реакторы с механическим диспергированием газа	5	заслушивание доклада, проверка тестирования	ПК-1 ПК-15

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
	(работающие в пленочном режиме; типа колонн с насадкой; колонны с колпачковыми и ситчатыми тарелками). Реакторы для проведения некаталитических и каталитических процессов.			
	<b>ВСЕГО</b>	18		

## 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Химические реакторы» используется рейтинговая система. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. За контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Мин.баллов	Макс.баллов
<b>5-й семестр</b>			
Контрольная работа	2	18	30
Тест	1	5	10
Собеседование	1	5	10
Практические занятия	3	9	15
Разноуровневые задачи и задания	1	3	5
Доклад, сообщение	2	20	30
<b>Итого</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

## 10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

## 11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

### 11.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Химические реакторы» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экземпляров
Х. Э. Харлампи, Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : Санкт-Петербург : Лань, 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/169385">https://e.lanbook.com/book/169385</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
Х.Э. Харлампи, И.М. Кузнецова, Н.Н. Батыршин, Общая химическая технология [Учебник] материальный баланс хим.-технол. процесса : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. "Хим. технология и биотехнология": М. : Логос, 2007	986 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
А. К. Корытцева, В. И. Петьков, Химические реакторы. Введение в теорию и практику [Электронный ресурс] учебное пособие: Санкт-Петербург : Лань, 2019	<a href="https://e.lanbook.com/book/113903">https://e.lanbook.com/book/113903</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампи, В.Г. Иванов	100 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

[и др.], Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем [Учебник] учебник для студ. вузов, обуч. по хим.-технол. напр. подгот. и спец.: СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014	
--	--

### 11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
Н. . Смирнов, А. . Волжинский, Химические реакторы в примерах и задачах [Задачник] учеб. пособие для студ. химико-технол. спец. вузов: Л. : Химия, 1986	10 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
М. . Генералов, В. . Силин, Химические реакторы производств нитропродуктов [Учебник] учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки дипломирован. спец. "Хим. технология энергонасыщен. материалов и изделий": М. : ИКЦ "Академкнига", 2004	75 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
В.С. Бесков, Общая химическая технология [Учебник] учеб. для студ. вузов, обуч. по хим.-технол. напр. подготовки бакалавров и дипломирован. спец.: М. : ИКЦ "Академкнига", 2006	25 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
В.И. Ксензенко, В.Г. Немцова, И.В. Семенова [и др.], Общая химическая технология и основы промышленной экологии [Учебник] учебник для студ. вузов, обуч. по хим.-технол. спец.: М. : КолосС, 2003	25 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

### 11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Химические реакторы» предусмотрено использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»: Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPRbooks: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

**УНИЦ**  
*Согласовано*

### 11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Базы данных

Scopus Доступ свободный: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

Web of Science Доступ свободный: [apps.webofknowledge.com](http://apps.webofknowledge.com)

## Информационные справочные системы

Справочно-правовая система «ГАРАНТ» Доступ свободный: [www.garant.ru](http://www.garant.ru)

Справочники по химии и химической технологии: <http://www.fptl.ru/biblioteka/spravo4niki.html>

Реферативный журнал ВИНТИ: <http://www.viniti.ru/products/abstract-journal>

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

## 12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Химические реакторы»:

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard

Архиватор 7 Zip

Блокнот Notepad

Яндекс Браузер

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Химические реакторы»:

Категория ПО Наименование Лицензионный договор, соглашение

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф от 19.11.2008 № AF90-3S1V01-102;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian от 16.10.2008 лицензия № 44684779;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian от 16.10.2008 лицензия № 44684779;

Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard от 08.11.2016 № 16/2189/Б;

Дополнительное ПО доступное по бесплатной подписке от Microsoft

ПО для коллективной работы Microsoft Teams

Дополнительное ПО доступное по бесплатной подписке от Microsoft

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов; демонстрационные приборы, технические средства обучения:

1. Лекционные занятия:

1. комплект электронных презентаций/слайдов,

2. аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебной мебелью (столы, стулья).

2. Практические занятия:

• комплект задач с примерами решения;

• аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебной мебелью (столы, стулья) и компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» для обеспечения доступа к электронной информационной среде КНИТУ.

3. Самостоятельная работа:

• рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

• рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом к сети "Интернет",

предназначенные для работы в электронной образовательной КНИТУ

### **13. Образовательные технологии**

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Химические реакторы» составляет 14 ч.

В процессе освоения дисциплины «Химические реакторы» используются следующие образовательные технологии:

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе составляет 16 часов. В качестве образовательных технологий могут быть использованы:

- дискуссия;
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция – дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция с заранее запланированными ошибками);
- эвристическая беседа;
- системы дистанционного обучения;
- обсуждение и разрешение проблем.