

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:	18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий
Специализация:	Технология энергонасыщенных материалов и изделий
Квалификация выпускника:	Инженер
Форма обучения:	Очная
Институт:	Инженерный химико-технологический институт
Факультет:	Факультет энергонасыщенных материалов и изделий
Кафедра-разработчик:	Кафедра «Общей химической технологии»
Курс; семестр	4; 8

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	16	0,44
Практическое занятие	16	0,44
Контроль самостоятельной работы	32	0,89
Самостоятельная работа	44	1,22
Форма аттестации: Дифференцированный зачет (8 сем)		
Всего	108	3

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 907 от 07.08.2020) по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий для специализации «Технология энергонасыщенных материалов и изделий» 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 обязательной части ООП и формирует у обучающихся по специализации «Технология энергонасыщенных материалов и изделий» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Химические реакторы» обучающийся по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» 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**

**ОПК-1 Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности**

ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы и понятия математических, естественнонаучных и инженерных знаний, теоретические и экспериментальные методы решения профессиональных задач, основы проектирования технических объектов, закономерности протекания химических превращений в масштабах промышленного оборудования

ОПК-1.2. Умеет применять законы и понятия математических, естественнонаучных и инженерных знаний, теоретические и экспериментальные методы решения профессиональных задач, закономерности протекания химических превращений, планировать и ставить научный эксперимент, обрабатывать результаты измерений, применять фундаментальные физические законы для решения инженерных задач.

ОПК-1.3. Владеет навыками применения законов и понятий математических, естественнонаучных и инженерных знаний, методами исследования физико-химических свойств материалов и изделий в соответствии со спецификой специальности, навыками работы с измерительными приборами и математическими методами обработки экспериментальных результатов, навыками компьютерного моделирования

**УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий**

УК-1.1. Знает методы анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода

УК-1.2. Умеет находить и применять информацию, необходимую для критического анализа проблемных ситуаций

УК-1.3. Владеет навыками выработки стратегии действий по решению проблемных ситуаций в профессиональной сфере

## **В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

### **Знать:**

- основные функции бакалавра на химическом производстве: решать профессиональные задачи в производственно-технологической и проектировочной деятельности;
- параметры и режимы работы реакционных устройств;
- условия безопасной работы
- основные функции бакалавра на химическом производстве: решать профессиональные задачи в производственно-технологической и проектировочной деятельности;
- 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;
- активного и пассивного экспериментов на модели или промышленном реакторе.

#### 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	8	2				2	6	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.	8	10	10			12	20	Доклад, сообщение; Контрольная работа; Практические занятия; Разноуровневые задачи и задания
3.	Теплоперенос в химических реакторах	8	3	3			8	8	Практические занятия; Собеседование
4.	Промышленные реакторы	8	1	3			10	10	Доклад, сообщение; Тест
	<b>Итого по семестру</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>32</b>	<b>44</b>	<b>Дифференцированный зачет</b>

#### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Индикаторы достижения 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.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
2.	Гидродинамический режим реактора (реакторы смешения и вытеснения, каскад реакторов). Время пребывания реагентов в	4	Основные математические модели процессов в химических реакторах	ОПК-1.1 ОПК-1.3 УК-1.2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	5
	зоне реакции. Одно- и двухпараметрическая диффузионные модели реактора вытеснения. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Материальный баланс реактора.		(гидродинамические модели) и методика их расчета.	
3.		2	Каскад реакторов К-РИС. Сравнение РИС и РИВ.	ОПК-1.1 ОПК-1.3
4.		1	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
5.		3	Материальный баланс химического реактора	ОПК-1.1 ОПК-1.3
6.		3	Тепловой баланс реактора. Устойчивость режима работы химического реактора. Графический метод определения условий стационарности режима реактора.	ОПК-1.1 ОПК-1.3
7.	Промышленные реакторы	1	Промышленные реакторы. Реакторы для проведения гомогенных, гетерогенных, гетерогенно-каталитических процессов.	ОПК-1.1 ОПК-1.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>16</b>		

## 6. Содержание практических/семинарских занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Индикаторы достижения 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	Семинар "Гидродинамические модели реакторов"	ОПК-1.1 ОПК-1.3
2.		1	Расчет материального баланса и критериев эффективности химического реактора. Простая необратимая реакция.	ОПК-1.1 ОПК-1.3
3.		1	Контрольная работа «Расчет материального баланса и критериев эффективности химического производства»	ОПК-1.1 ОПК-1.3
4.		3	Расчет материального баланса химического реактора (сложные необратимые реакции, обратимые реакции).	ОПК-1.1 ОПК-1.3
5.		2	Расчет химических реакторов (РИС, РИВ)	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
6.		1	Контрольная работа "Расчет РИС и РИВ"	ОПК-1.1 ОПК-1.3
7.	Теплоперенос в химических реакторах	2	Расчет материального и теплового балансов химического реактора	ОПК-1.1 ОПК-1.3
8.		1	Семинар "Тепловые режимы работы химического реактора. Устойчивость режима работы химического реактора. Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный"	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
9.	Промышленные реакторы	2	Студенческая конференция «Промышленные реакторы»	ОПК-1.1 ОПК-1.3 УК-1.1

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	6
				УК-1.2 УК-1.3
10.		1	Тестирование по теоретическому материалу курса	ОПК-1.1 ОПК-1.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>16</b>		

## 7. Содержание лабораторных занятий

Проведение лабораторных занятий не предусмотрено учебным планом

## 8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
1.	Теоретические закономерности изучаемых реакторов и их практическое применение.	6	подготовка к практическому занятию	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
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.	20	подготовка к контрольной работе, подготовка к практическому занятию	ОПК-1.1 ОПК-1.3
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.	8	подготовка к практическому занятию, подготовка к участию в дискуссии	ОПК-1.1 ОПК-1.3
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.	10	подготовка доклада, подготовка к тестированию	ОПК-1.1 ОПК-1.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>44</b>		

### 8.1 Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
1.	Теоретические закономерности изучаемых реакторов и их практическое применение.	2	консультирование	ОПК-1.1 ОПК-1.3
2.	Функция распределения времени пребывания. Факторы, влияющие на характер распределения концентраций	12	заслушивание доклада, проверка контрольной работы	ОПК-1.1 ОПК-1.3

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
	реагентов в объеме реактора. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Схемы питания реакторов периодического и непрерывного действия.			
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.	8	консультирование, участие в дискуссии	ОПК-1.1 ОПК-1.3
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.	10	заслушивание доклада, проверка тестирования	ОПК-1.1 ОПК-1.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>32</b>		

## 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>8-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
И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампи, В.Г. Иванов [и др.], Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов [Учебник] учебник для студ. вузов, обуч. по хим.-технол. напр. подг. и спец.: СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013	100 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «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»
И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампи, В.Г. Иванов [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	100 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

### 11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

<b>Дополнительные источники информации</b>	<b>Количество экземпляров</b>
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»
А. Ю. Загкейм, Общая химическая технология: введение в моделирование химико-	<a href="http://znanium.com/go.php?id=468690">http://znanium.com/go.php?id=468690</a> Режим доступа: по подписке 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/>
9. Справочники по химии и химической технологии: <http://www.fptl.ru/biblioteka/spravo4niki.html>
10. Реферативный журнал ВИНТИ: <http://www.viniti.ru/products/abstract-journal>

**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)

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, в том числе отечественного производства, 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

ПО для коллективной работы Microsoft Teams

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).
2. Практические занятия:
- комплект задач с примерами решения;
  - аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).
3. Прочее:
- 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 КНИ

### **13. Образовательные технологии**

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Химические реакторы» составляет 16 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.