

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Химической технологии им. Н.И. Ярополова»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №7 от 14 мая 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ»**

---

Направление: 18.03.01 Химическая технология

---

Химическая технология органических веществ

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: очная

---

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Баяндин Виктор  
Владимирович  
Дата подписания: 13.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Боженков Георгий  
Викторович  
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Дьячкова  
Светлана Георгиевна  
Дата подписания: 14.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

## 1.1 Дисциплина «Химические реакторы» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКО-2 Способен применять теорию химических реакторных процессов для проведения научных исследований и экспериментов испытания новой техники и технологии в производстве продукции	ПКО-2.3

## 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКО-2.3	Демонстрирует знания закономерностей протекания химических процессов в реакторах, методов исследования процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях и применяет их для изучения и совершенствования технологических процессов; подбирает и рассчитывает рациональный тип реактора и вариант реакторного узла для производства заданного продукта	<b>Знать</b> закономерности протекания химических процессов в реакторах, методы исследования процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях. <b>Уметь</b> рассчитывать рациональный тип реактора и вариант реакторного узла для производства заданного продукта. <b>Владеть</b> приемами исследования и совершенствования технологических процессов, протекающих в химических реакторах.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Химические реакторы» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Математические методы решения профессиональных задач», «Общая химическая технология»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Моделирование химико-технологических процессов», «Проектирование и оборудование предприятий органического синтеза», «Химия и технология органических веществ», «Технология азот- и серосодержащих соединений», «Технология химико-фармацевтических препаратов», «Технология элементоорганических соединений»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6

Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	24	24
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

###### Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Химический реактор	1	4			1	4	1, 2	5	Решение задач
2	Изотермические процессы в химических реакторах.	2	7			2	4	1, 2	5	Решение задач
3	Неизотермические процессы в химических реакторах	3	7			3	4	1, 2	5	Решение задач
4	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков	4	4					2	2	Решение задач
5	Гетерогенные процессы в химических реакторах	5	6					2	2	Решение задач
6	Промышленные химические реакторы	6	4			4	4	1, 2	5	Решение задач
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32				16		60	

##### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

###### Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Химический реактор	Обзор типов химических реакторов, их

		структурные элементы, основные процессы и явления в них. Математическое моделирование - научный метод исследования и изучения процессов в химическом реакторе.
2	Изотермические процессы в химических реакторах.	Систематизация процессов в химическом реакторе по масштабу их протекания. Иерархическая структура математической модели процесса в реакторе. Влияние структуры потока и стационарности процесса, сопоставление эффективности процессов.
3	Неизотермические процессы в химических реакторах	Организация тепловых потоков и режимов в химических реакторах. Распределение температуры и концентраций в реакторе с различной структурой потока. Стационарные режимы и их устойчивость.
4	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков	Причины отклонений от идеальности в проточных реакторах. Модели реакторов с неидеальной структурой потоков: ячеечная модель, однопараметрическая диффузионная модель.
5	Гетерогенные процессы в химических реакторах	Структура процесса и его стадии. Модели гетерогенных процессов, их построение и анализ.
6	Промышленные химические реакторы	Примеры промышленных реакторов, их конструкции для проведения гомогенных, гетерогенных, каталитических процессов. Особенности режимов, выбор типа реактора.

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Кинетические расчеты химических процессов	4
2	Расчет изотермических процессов в химическом реакторе	4
3	Расчет неизотермических процессов в химическом реакторе	4
4	Сравнение и выбор химического реактора	4

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	12
2	Проработка разделов теоретического материала	12

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Групповая дискуссия

## **5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины**

### **5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

#### **5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям**

Практические занятия предназначены для более глубокого усвоения теоретических знаний и являются неотъемлемой частью подготовки бакалавра.

Цель практических занятий: закрепить навыки инженерных расчетов для специалистов в области химической технологии.

Подготовка к практическим занятиям подразумевает изучение (повторение) теоретического материала по теме, анализ источников информации по заданию преподавателя.

#### **5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

1. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.

Этот вид самостоятельной работы студентов преследует цель усвоить и углубить полученные теоретические знания по курсу, научиться ориентироваться в учебной и научной литературе, нормативно-технической документации, ориентироваться в информационном и методическом обеспечении курса в библиотеке, применять эти знания и навыки на практике.

Теоретический материал по теме занятия изучается с использованием рекомендованной литературы и конспектов лекций, а также электронных образовательных ресурсов.

Оперативный контроль знаний теоретического материала осуществляется в форме устного блиц-опроса в ходе лекционных занятий и одновременно является формой интерактивного обучения (ответ обучающихся в форме интерактивного выступления).

2. Подготовка к практическим и семинарским занятиям.

Подготовка к практическим занятиям осуществляется заблаговременно. Изучается теоретический материал по теме занятия с использованием рекомендованной литературы и конспектов лекций, а также электронных образовательных ресурсов. Подбирается фактический материал, и анализируются источники информации по проблемной области, обозначенной в теме занятия или конкретизированной преподавателем. Перечень тем практических занятий, учебно-тематический план, темы и даты проведения семинарских занятий сообщаются обучающимся заблаговременно.

3. Подготовка к экзамену.

Подготовка к экзамену осуществляется по контрольным вопросам. Для подготовки используются конспекты лекций, слайд-лекции, рекомендованная учебная и научная литература, электронные образовательные ресурсы.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 семестр 6 | Решение задач**

**Описание процедуры.**

Текущий контроль для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью осуществляется при работе студентов на практических занятиях.

Цель занятий - повторение и закрепление теоретического материала по кинетическим расчетам химического процесса: скорости образования вещества, дифференциальной селективности продукта, степени превращения вещества и другим показателям.

Предварительно преподавателем излагаются основные положения раздела, затем производится опрос студентов.

Тема (раздел) Химический реактор

Пример задания:

Решением примеров типа 3-1, 3-3 [МУ для обучающихся по практическим работам 2] осваивается и закрепляется методика расчёта.

Вопросы для контроля:

1. Что называют химическим реактором?
2. Какие процессы реализуются в реакционной зоне реакторов?
3. Дайте определение селективности.
4. Что такое степень превращения вещества?
5. Какие способы выражения концентрации вы знаете?

Тема (раздел) Изотермические процессы в химических реакторах.

Решением примеров типа 3.1-1, 3.1-2 [МУ для обучающихся по практическим работам 1] осваивается и закрепляется методика расчёта.

Вопросы для контроля:

1. Опишите влияние температуры на показатели процесса в реакторе.
2. Какое влияние на процесс оказывает начальная концентрация?
3. В каком масштабе иерархической структуры протекает химическая реакция?
4. Что означает идеальное смешение в периодическом реакторе?
5. Назовите условие идеальности реактора полного смешения.

Тема (раздел) Неизотермические процессы в химических реакторах.

Решением примеров типа 3.2-1, 3.2-2 [МУ для обучающихся по практическим работам 1] осваивается и закрепляется методика расчёта.

Вопросы для контроля:

1. Назовите тепловые режимы реакторов.
2. Что такое параметр теплоотвода?
3. Дайте определение адиабатического разогрева.
4. Как определить максимальный адиабатический разогрев?
5. Как проявляется устойчивость стационарных режимов?

Тема (раздел) Химические реакторы с неидеальной структурой потоков.

Решением примеров типа 4.1-1 [МУ для обучающихся по практическим работам 1] осваивается и закрепляется методика расчёта.

Вопросы для контроля:

1. Каковы требования к моделям реакторов с неидеальной структурой потоков?
2. Опишите ячеечную модель.
3. Назовите причины отклонений от идеальности в проточных реакторах.
4. Назовите параметр однопараметрической диффузионной модели.
5. Что такое продольная диффузия?

Тема (раздел) Гетерогенные процессы в химических реакторах

Решением примеров типа 2.4-1, 2.4-2 [МУ для обучающихся по практическим работам 1]

осваивается и закрепляется методика расчёта.

Вопросы для контроля:

1. Дайте определение гетерогенного химического процесса.
2. Что такое лимитирующая стадия?
3. Что такое наблюдаемая константа скорости гетерогенного процесса?
4. Назовите пути интенсификации гетерогенного химического процесса.
5. Какими этапами представлена структура гетерогенного процесса газ-жидкость?

Тема (раздел) Промышленные химические реакторы

Решением примеров типа 4.1 -2, 4.1-3 [МУ для обучающихся по практическим работам 1] осваивается и закрепляется методика расчёта.

Вопросы для контроля:

1. Опишите работу каскада реакторов.
2. В чем сущность графического метода расчета каскада реакторов?
3. Когда применяют параллельное соединение реакторов?
4. При каких условиях интенсивность процесса выше в режиме идеального смешения?
5. Назовите схемы реакторов с рециклом.

### **Критерии оценивания.**

Оценка работы обучающегося производится по двухбалльной системе. «Зачтено» за работу на занятии ставится студенту, обнаружившему достаточно полное знание материала и выполнившему предусмотренное работой задание. «Незачтено» за работу на занятии ставится студенту, обнаружившему существенные пробелы в знании материала и/или допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренного работой задания.

## **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации</b>
ПКО-2.3	Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает теоретический материал, использует в ответе материал научной литературы, свободно справляется с заданием, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение.	Устное собеседование по вопросам экзаменационных билетов.

### **6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации**

#### **6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине**



3. Игнатенков В. И. Примеры и задачи по общей химической технологии : учеб. пособие для вузов по хим.-технол. направлениям / В. И. Игнатенков, В. С. Бесков, 2005. - 198.
4. Барышок В. П. Химические реакторы : учебное пособие / В. П. Барышок, 2018. - 107.
5. Кутепов А. М. Общая химическая технология : учеб. для вузов по специальностям хим.-технол. профиля / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен, 2005. - 528.

#### **8 Дополнительная учебная литература и справочная**

1. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов : учебник / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампида, 2013. - 447.
2. Янчуковская Е. в. Химические реакторы : электронный курс / Е. в. Янчуковская, 2022
3. Янчуковская Е. В. Химические реакторы - моделирование : электронный курс / Е. В. Янчуковская, 2022
4. Соколов В. Н. Химические реакторы : учебное пособие по курсу "Машины и аппараты" для студентов специальности 0516 / В. Н. Соколов, М. Д. Бушков, 1980. - 60.
5. Смирнов Николай Николаевич. Химические реакторы в примерах и задачах : учеб. пособие для хим.-технол. вузов / Николай Николаевич Смирнов; Под ред. П. Г. Романкова, 1986. - 221.

#### **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

#### **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

#### **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. PTC MathCAD15 english\_коммерческая\_поставка 2010

#### **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
2. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
3. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
4. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
5. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
6. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5

7. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
8. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
9. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
10. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
11. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
12. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
13. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
14. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
15. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
16. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
17. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
18. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
19. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5