

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИ-  
ВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ

Директор института химии  
д.х.н., проф. Горячева И.Ю.

*Горячева И.Ю.*  
"01" / 06 2023 г.

Рабочая программа дисциплины  
**Химические реакторы и оборудование заводов**

Направление подготовки бакалавриата  
**18.03.01 Химическая технология**

Профили подготовки бакалавриата  
**Химическая технология природных энергоносителей и углеродных  
материалов**

Квалификация (степень) выпускника

*Бакалавр*

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2023

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Кузьмина Ранса Ивановна	<i>JK</i>	01.06.2023
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна	<i>JK</i>	01.06.2023
Заведующий кафедрой	Кузьмина Ранса Ивановна	<i>JK</i>	01.06.2023
Специалист Учебного управления			

**1. Цели освоения дисциплины** «Химические реакторы и оборудование заводов» – формирование у бакалавров компетенции для рационального подхода к конструированию химических аппаратов и технологических схем, освоение современных методов расчета оборудования и умение осуществлять проектную и производственно-технологическую деятельность.

Кроме того целью данной дисциплины является формирование представлений о современных тенденциях развития химического производства и выработка навыков использования справочной, патентной и научно-технической литературы.

В данном курсе рассматриваются принципы и методы расчета химических аппаратов и машин, конструкционные особенности и эксплуатационные характеристики основного оборудования заводов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавра

Дисциплина «Химические реакторы и оборудование заводов» (Б1.В.ДВ.03.01) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП по направлению 18.03.01 Химическая технология профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» и осваивается в 7 семестре.

Обучение по данной дисциплине базируется главным образом на знаниях, полученных студентами в процессе изучения курсов «Органическая химия», «Физическая химия», «Высшая математика», «Физика», «Общая химическая технология» «Процессы и аппараты химической технологии», «Современный инжиниринг в нефтепереработке», «Электротехника и промышленная электроника».

Полученные в результате изучения данной дисциплины, знания и навыки необходимы инженеру для системного подхода к проектированию и управлению производства, проведения технологических расчетов и моделирования реакторов и технологических процессов и в целом найдут применение в ходе изучения дисциплин:

- «Системы управления химико-технологическими процессами»;
- «Коксохимия и химия углерода»;
- «Химическая технология топлива и углеродных материалов».

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>ПК-3.</b> Способность и готовность осуществлять управление технологическими объектами, выявлять и устранять отклонения от режимов технологиче-	<b>ПК-3.1.</b> Выявляет влияние параметров процесса в реакторе на эффективность химико-технологического процесса. <b>ПК-3.2.</b> Вырабатывает технические решения по ис-	<b>•знать:</b> - основы теории процесса в химическом реакторе проточного типа; - методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явле-

<p>ского процесса, проводить анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств с использованием новых технологий и оборудования</p>	<p>пользованию нового оборудования и перспективных технологий.</p> <p><b>ПК-3.3.</b> Выявляет закономерности процесса в химическом реакторе и устраняет технологические причины снижения качества продукта.</p>	<p>ний массо- и теплопереноса в нем;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории процесса в химическом реакторе, принципы организации производства, методы оценки эффективности производства, общие закономерности химических процессов;</li> <li>- теоретические основы реакций, протекающих в реакторах;</li> <li>- методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем;</li> <li>- основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии.</li> </ul> <p><b>•уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- произвести выбор типа реактора;</li> <li>- произвести расчет технологических параметров для заданного процесса;</li> <li>- определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе;</li> <li>- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;</li> <li>- размещать техническое оборудование и технически оснащать химико-технологический процесс;</li> <li>- оценивать технологическую эффективность производства;</li> <li>- оценивать критерии эффективности процессов химической технологии;</li> <li>- рассчитывать основные характеристики химического процесса;</li> <li>- применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных про-</li> </ul>
---	---	---

		<p>грамм деловой сферы деятельности.</p> <p><b>• владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах;</li> <li>- методами выбора химических реакторов;</li> <li>- навыками по наладке, настройке и опытной проверке оборудования и программных средств;</li> <li>- методами анализа эффективности работы химических производств;</li> <li>- определением технологических показателей процессов химической технологии.</li> </ul>
--	--	--

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Химические реакторы и оборудование заводов»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы 180 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се- местр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу сту- дентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего кон- троля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек- ции	Лаборат. раб.		СР	Контроль	Всего	
					Общая трудо- емкость	Из них – практиче- ская под- готовка				
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
1.2	Введение. Расчет и конструктивное оформление реак- ционных аппаратов. Типы реакторов в химической технологии.	7	1	4	8	6	16		37	Учебная дискуссия
1.3	Оборудование процессов термической переработки твердых горючих ископаемых.	7	2,3	8	6		12		26	Коллоквиум
1.4	Оборудование процесса деструктивной гидрогениза- ции твердого топлива.	7	4-6	12	6		8		26	Коллоквиум
1.5	Аппаратурное оформление процессов разделения.	7	7	4	4		7		15	Обсуждение вариантов ректификации нефти.
1.6	Подбор и расчет вспомогательного оборудования.	7	8	4	4		10		18	Письменный отчет.
1.7	Оборудование для очистки газов и углеводородных смесей	7	9	4	8	3	10		22	Письменный отчет
	Промежуточная аттестация.							36	36	ЭКЗАМЕН
	Итого: часов за 7 семестр			36	36	9	63	9	180	

## Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение.** Содержание и задачи курса, его связь с другими дисциплинами учебного плана. Основные направления научно - технического прогресса в химической промышленности. Классификация процессов и оборудования в химической технологии топлива и углеродных материалов. Основные задачи, решаемые при разработке оборудования.

**Тема 2. Расчет и конструктивное оформление реакционных аппаратов.** Классификация реакционных аппаратов. Введение в расчет реакционной аппаратуры. Идеальные и реальные аппараты. Расчет реакторов идеально смешения. Температурные режимы реакционных аппаратов: изотермический, адиабатический, режим программированной температуры. Методы подвода тепла в реакционную зону, способы снятия тепла реакции. Тепловая устойчивость реакторов. Конструктивное оформление и расчет реакторов для проведения высокотемпературных газовых реакций. Основные узлы: смесители, горелки, закалочные устройства. Реакторы змеевикового типа (трубчатые печи). Типы печей, основные элементы. Расчет реактора змеевикового типа.

Контактные аппараты. Расчет изотермических и адиабатических контактных аппаратов. Формы каталитического пространства. Основные характеристики зернистых материалов. Реакторы с псевдоожиженным слоем. Газожидкостные реакторы: их конструктивное оформление, методы расчета.

**Тема 3. Оборудование процессов термической переработки твердых горючих ископаемых.** Оборудование процессов подготовки твердых горючих ископаемых к переработке. Печи для полукоксования: конструктивное оформление, основы расчета. Коксовые печи: конструктивное оформление, режимы работы, методы расчета. Газогенераторы, конструктивное оформление. (6 часов).

**Тема 4. Оборудование процесса деструктивной гидрогенизации твердого топлива.** Особенности конструктивного оформления аппаратуры, входящей и состав блока высокого давления. Специальные компрессоры, насосы, трубопроводы и арматура высокого давления.

**Тема 5. Расчет и аппаратурное оформление процессов разделения.** Введение в расчет процессов разделения и очистки в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов. Аппараты для разделения гетерогенных смесей: конструктивное оформление и методы расчета. Выделение твердых частиц из газового потока. Сухая и мокрая газоочистка. Конструктивное оформление и расчет аппаратов, Условия безопасной эксплуатации оборудования разделения гетерогенных систем. Оборудование для разделения гомогенных смесей. Парциальная конденсация многокомпонентной смеси. Состав конденсата при прямоточной и противоточной конденсации. Ректификация в технологии топлива и углеродных материалов. Особенности конструктивного оформления и расчета аппаратуры. Абсорбция и адсорбция в технологии топлива и углеродных материалов. Типы и конструкции абсорберов и адсорберов. Расчет абсорберов, адсорберов и десорберов. Экстракция и кристаллизация в техноло-

гии топлива и углеродных материалов. Особенности конструктивного оформления и расчета аппаратов. Разделение гомогенных смесей с использованием мембранных процессов.

**Тема 6. Подбор и расчет вспомогательного оборудования.** Назначение, принцип действия и устройство вспомогательных аппаратов: гидрозатворов, факельных установок, огнепреградителей, взрывных мембран. Теплообменная аппаратура. Основные принципы расчета и конструирования теплообменников. Аппараты воздушного охлаждения. Котлы - утилизаторы. Методы получения низких температур.

**Тема 7. Оборудование для очистки газов и углеводородных смесей.**

Абсорберы поглощения сероводорода из водородсодержащего газа. Депарафинизация нефтей.

### Перечень лабораторных работ

**Занятие 1.** Введение в лабораторный практикум. Техника безопасности. Входной контроль.

**Занятие 2-4.** Оборудование для разделения многокомпонентных смесей. Ректификационные колонны. Фракционирование нефти.

**Занятие 5-7.** Печи. Пиролиз нефтепродуктов.

**Занятие 8-9.** Реактор термического крекинга тяжелых углеводородов

**Занятие 10-11.** Абсорбционная очистка углеводородных газов.

**Занятие 12-13.** Процесс гидроочистки углеводородного сырья в реакторе проточного типа.

**Занятие 14-15.** Коксование углеводородных остатков.

### 5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- весь курс лекций (36 ч.) сопровождается мультимедийными материалами (в программе Power Point);
- подготовлен инновационный учебный материал для лабораторных занятий;
- лабораторные занятия осуществляются с обсуждением различных вариантов решения поставленных задач, по тематике лабораторные работы привязаны к темам самостоятельной работы;
- расчетная часть работ стимулирует самостоятельное применение имеющихся знаний и навыков в выборе оборудования и позволяет контролировать уровень самостоятельной подготовки студентов.

Интерактивные методы обучения включают:

- разбор конкретной ситуации по процессам получения топлива (рифформинг и изомеризация углеводородов);
- учебных дискуссий по темам лекционного материала и вопросов самостоятельной работы студентов;

- тренажерные занятия по химической технологии, проводимые в компьютерном классе ОАО «Саратовский нефтеперерабатывающий завод».

В рамках практической подготовки студентов профессиональные навыки формируются при выполнении лабораторных работ по термическому превращению органического и смесового сырья, анализу газообразных, жидких продуктов и твердого остатка пиролиза с использованием хроматографического и весового анализа, установления физико-химических характеристик полученных продуктов и исходного сырья. При выполнении работы по индивидуальному научному плану в рамках научной тематике кафедры, формирование понятийного аппарата, понимание принципов, законов и методологии органической химии происходит в рамках индивидуальных отчетов, коллоквиумов, разборов конкретных ситуаций, деловых игр.

Для обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями организуется персональное сопровождение компьютерами в образовательном пространстве, которые выполняют посреднические функции с профессорско-преподавательским составом; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Составление опорных конспектов по изучаемой теме, различных видов технологических схем процессов нефтепереработки, таблиц (концептуальных, сравнительных), поиск информации в сети Интернет.

Самостоятельная работа студента заключается в обсчете и оформлении лабораторных работ, выполненных в аудитории. На самостоятельную работу вынесены следующие темы:

1. Основные направления научно - технического прогресса в химической промышленности.
2. Классификация реакционных аппаратов. Введение в расчет реакционной аппаратуры. Идеальные и реальные аппараты.
3. Оборудование процессов подготовки твердых горючих ископаемых к переработке.
4. Специальные компрессоры, насосы высоко давления.
5. Введение в расчет процессов разделения и очистки в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.
6. Теплообменная аппаратура. Основные принципы расчета и конструирования теплообменников.

Проверка вышеперечисленных вопросов для самостоятельной работы осуществляется при контроле выполнения лабораторных работ и умении

характеризовать особенности процесса переработки углеводородного сырья в зависимости от его состава и параметров технологического процесса. Оценка знаний студентов проводится при обсуждении следующих тем:

1. Расчет теплообменной аппаратуры (теплообменников, воздушных холодильников).
2. Основы расчета химических и нефтехимических реакторов.
3. Основы расчета трубчатых печей.
4. Расчет ректификационных колон.

### **Перечень вопросов для оценки знаний студентов по курсу «Химические реакторы и оборудование заводов»**

1. Классификация реакционных аппаратов. Идеальные и реальные аппараты. Расчет реакторов идеально смешения.
2. Температурные режимы реакционных аппаратов: изотермический, адиабатический, режим программированной температуры. Методы подвода тепла в реакционную зону, способы снятия тепла реакции. Тепловая устойчивость реакторов.
3. Конструктивное оформление и расчет реакторов для проведения высокотемпературных газовых реакций.
4. Реакторы змеевикового типа (трубчатые печи). Типы печей, основные элементы. Расчет реактора змеевикового типа.
5. Контактные аппараты. Расчет изотермических и адиабатических контактных аппаратов. Формы катализаторного пространства. Основные характеристики зернистых материалов. Реакторы с псевдоожиженным слоем.
6. Газожидкостные реакторы: их конструктивное оформление, методы расчета.
7. Оборудование процессов подготовки твердых горючих ископаемых к переработке.
8. Печи для полукоксования: конструктивное оформление, основы расчета.
9. Коксовые печи: конструктивное оформление, режимы работы, методы расчета.
10. Газогенераторы, конструктивное оформление.
11. Особенности конструктивного оформления аппаратуры, входящей и состав блока высокого давления.
12. Выделение твердых частиц из газового потока. Сухая и мокрая газоочистка. Конструктивное оформление и расчет аппаратов, Условия безопасной эксплуатации оборудования разделения гетерогенных систем.
13. Оборудование для разделения гомогенных смесей. Парциальная конденсация многокомпонентной смеси. Состав конденсата при прямоточной и противоточной конденсации.
14. Ректификация в технологии топлива и углеродных материалов. Особенности конструктивного оформления и расчета аппаратуры.

15. Абсорбция и адсорбция в технологии топлива и углеродных материалов. Типы и конструкции абсорберов и адсорберов. Расчет абсорберов, адсорберов и десорберов.

16. Экстракция и кристаллизация в технологии топлива и углеродных материалов. Особенности конструктивного оформления и расчета аппаратов.

17. Разделение гомогенных смесей с использованием мембранных процессов.

18. Назначение и принцип действия и устройство вспомогательных аппаратов: гидрозатворов, факельных установок, огнепреградителей, взрывных мембран.

### 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

**Таблица 7.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация (Экзамен)	Итого
7	10	30	0	20	0	0	40	100

**Лекции** – 10 баллов, оцениваются посещаемость (3 балла), активность в аудитории (7 баллов)

**Лабораторные работы** 0 – 30 баллов, оцениваются уровень подготовки к занятиям (10 баллов), самостоятельность при выполнении работы (10 баллов), правильность выполнения заданий (10 баллов).

#### **Практические занятия**

не предусмотрено

**Самостоятельная работа** – 20 баллов, оцениваться качество выполненных домашних работ, правильность выполнения (15 баллов), грамотность в оформлении (5 баллов).

#### **Автоматизированное тестирование**

не предусмотрено

#### **Другие виды учебной деятельности**

не предусмотрено

**Промежуточная аттестация (экзамен)** 40 баллов, проходит в виде устного опроса: знание основных определений и законов (10 баллов), умение

записать итоговые уравнения (10 баллов), анализ основных уравнений, пределы их применимости, практическая значимость (20 баллов)

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 27 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 26 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» от 0 до 19 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине **«Химические реактора и оборудование заводов»** составляет 100 баллов.

Таблица 7.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине **«Химические реактора и оборудование заводов»** в оценку (Экзамен):

85-100 баллов	«отлично»
70-84 баллов	«хорошо»
55-69 баллов	«удовлетворительно»
0-54 баллов	«не удовлетворительно»

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) литература:

1. Поникаров И.И. Конструирование и расчет элементов химического оборудования [Текст] : учебник / Иван Ильич Поникаров, Сергей Иванович Поникаров. - Москва : Альфа-М, 2010. - 382 с. - ISBN 978-5-98281-174-5 : Б. ц. ЭБС "ИНФРА-М"
2. Таранцева, Клара Рустемовна. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Клара Рустемовна Таранцева, Александр Алексеевич Таранцев. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 412 с. - ISBN 978-5-16-009258-4: Б. ц.

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Для самостоятельной работы по химии студентам рекомендуются следующие Интернет-ресурсы:

1. [http://www.fptl.ru/Chem\\_block.html](http://www.fptl.ru/Chem_block.html) – различные учебно-методические материалы по химии;
2. <http://chemistry-chemists.com/Uchebniki.html> - учебники, практикумы и справочники по химии.
3. Сайты <http://www.xumuk.ru/>, <http://www.nehudlit.ru/books/subcat281.html>

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Химические реакторы и оборудование заводов»

- Лекции – иллюстративный материал (слайды по разделам дисциплины представляются с помощью мультимедийного проектора);

Перечень наглядных пособий:

1. Основные понятия экологии переработки углеводородных систем
2. Взрывы и пожары, их прогнозирование.
3. Пути управления пожаро- взрывобезопасностью.
4. Мониторинг окружающей среды предприятий химической технологии.
5. Производство продуктов с улучшенными экологическими характеристиками.
6. Управление качеством окружающей среды в химической технологии.
7. Экологический уровень производства и экологизация химических предприятий.

**Место осуществления практической подготовки:** учебные лаборатории Института химии

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.03.01 Химическая технология профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Автор (ы):

Зав. каф. нефтехимии и техногенной безопасности  
Института химии СГУ, д.х.н.

Кузьмина Р.И.

Программа одобрена на заседании кафедры нефтехимии и техногенной безопасности от «\_01\_» июня 2023 года, протокол № 15.