

Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технологии и оборудование химических, нефтегазовых  
и пищевых производств»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**«Б.1.2.14 Химические реакторы»**

направления подготовки

**18.03.01 «Химическая технология»**

*Профиль «Нефтехимия»*

форма обучения – **заочная**

курс – **4**

семестр – **8**

зачетных единиц – **2**

всего часов – **72**

в том числе:

лекции – **6**

коллоквиумы – нет

практические занятия – **8**

лабораторные занятия – **нет**

самостоятельная работа – **58**

зачет – **8 семестр**

экзамен – нет

контрольная работа – **8 семестр**

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании  
кафедры ТОХП  
19 июня 2023 г., протокол № 13  
Зав. кафедрой Левкина Н.Л. Левкина

Рабочая программа утверждена на заседании  
УМКН направления ХМТН  
26 июня 2023 г., протокол № 5  
Председатель УМКН Левкина Н.Л. Левкина

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является формирование химико-технологического мировоззрения бакалавров для их научно-исследовательской и производственно-технологической профессиональной деятельности.

Основными задачами освоения дисциплины «Химические реакторы» являются:

- овладение теорией, определяющей конструктивные особенности оборудования производств базовых химических продуктов;
- изучение основных типов химических реакторов и конструкционных материалов, применяемых при их создании;
- овладение навыками технологических расчетов, необходимых в профессиональной деятельности.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина Б.1.2.14 Химические реакторы относится к вариативной части учебного плана.

Знания, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины «Химические реакторы», потребуются при освоении следующих дисциплин: Б.1.2.10 «Технология нефтехимического синтеза», Б.1.3.6.2 «Химия и физика полимеров», Б.1.3.7.1 «Химия и технология переработки полимеров», Б.1.3.8.1 «Оборудование в технологии нефтехимического синтеза», Б.1.3.10.1 «Коррозия и защита оборудования нефтяной и газовой промышленности», Б.1.3.11.1 «Экологические проблемы нефтехимического синтеза».

Для освоения дисциплины «Химические реакторы» необходимы знания по дисциплинам учебного плана подготовки бакалавров: Б.1.1.6 «Математика», Б.1.1.8 «Физика», Б.1.1.9 «Общая и неорганическая химия», Б.1.1.10 «Органическая химия», Б.1.1.11 «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», Б.1.1.12 «Физическая химия», Б.1.1.13 «Коллоидная химия», Б.1.1.20 «Общая химическая технология», Б.1.2.12 «Процессы и аппараты химической технологии».

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций (в соответствии ФГОС ВО):

ПК-16 - способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять мето-

ды математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

3.1. Знать:

- типы и назначение химических реакторов.
- конструктивные особенности различных типов реакторного оборудования;
- назначение и характеристику основных элементов химических реакторов.

3.2. Уметь:

- обосновать выбор типа реактора;
- произвести расчет материального и теплового баланса для заданного процесса;
- обосновать выбор конструкционного материала для реактора, применяемого в конкретном химическом процессе.

3.3. Владеть:

- методами выбора типа химического реактора;
- методиками расчета материального и теплового балансов реакторного оборудования;
- методиками обоснованного подбора конструкционных материалов для различных типов химических реакторов.

**4. Распределение трудоёмкости (час) дисциплины по темам и видам занятий**

№ Модуля	№ Недели	№ Темы	Наименование темы	Часы/ из них в интерактивной форме					
				всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 семестр									
1		1	Основные типы химических реакторов. Их классификация.	36	2			4	30
			Составление материального и теплового балансов реактора.						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2		2	Характеристика реакторов для химических реакций в системах Ж-Ж, Г-Ж, Г-Т, Г-Г.	36	4			4	28
			Конструкционные материалы для производства химических реакторов.						
Всего				72	6			8	58

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	1	Понятие о химическом реакторе. Классификация химических реакторов. Классификация химических реакторов: по гидродинамической обстановке, термическим условиям, условиям теплообмена, фазовому составу, способу организации процесса. Составление материального и теплового баланса реактора	[1-3,5,6]
2	4	2-3	Конструкции химических реакторов. Реакторы для газовых и жидкостных гомогенных процессов, для газожидкостных процессов гетерогенных процессов, для гетерогенных процессов с твердой фазой. Колонные, трубчатые, насадочные, ёмкостные реакторы. Конструкционные материалы для производства химических реакторов.	[1-4, 7,8]

### 6.Содержание коллоквиумов

Учебным планом не предусмотрены.

### 7.Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	Примеры расчета критериев эффективности химического процесса. Расчет степени превращения (конверсии) компонентов реакционной смеси, выхода целевого продукта и селективности химического процесса по индивидуальному заданию.	[5,6]
1	2	Примеры расчета материального и теплового баланса реактора. Расчет материального и теплового баланса реактора по индивидуальному заданию.	[5,6,]
2	4	Реферативные сообщения по индивидуальным заданиям по конструктивным особенностям химических реакторов и конструкционным материалам для их производства.	

### 8.Перечень лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрены.

### 9.Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы для самостоятельного изучения	Учебно-методическое обеспечение
1	14	Изучение основных классификационных характеристик химических реакторов, используемых в технологии химических и нефтегазовых производств по индивидуальному заданию	[1-3]
2	30	Изучение конструктивных особенностей химических реакторов, используемых в технологии химических и нефтегазовых производств по индивидуальному заданию	[1-4,7,8]

2	14  58	Обоснование выбора конструкционных материалов для реакторов, используемых в технологии химических и нефтегазовых производств по индивидуальному заданию.	[7,8]
---	--------------	--	-------

#### Задания для контрольной работы

##### **Вариант 1**

1. Аппараты для проведения химических реакций. Классификация химических реакторов. Реакторы идеального вытеснения и идеального смешения.
2. Задача № 13 (Методические указания «Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.15)

##### **Вариант 2**

1. Реакторы для химических реакций в жидкой среде. Конструктивные особенности емкостных реакторов с механическими перемешивающими устройствами. Основные типы теплообменных устройств и мешалок.
2. Задача № 18 (Методические указания «Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.16)

##### **Вариант 3**

1. Реакторы для химических реакций в системах «газ-жидкость». Основные типы распыливающих газожидкостных реакторов (форсуночные, прямоточные на основе трубы Вентури, с механическим разбрызгиванием жидкости).
2. Задача № 21 (Методические указания «Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.16)

##### **Вариант 4**

1. Реакторы для химических реакций в системах «газ-жидкость». Основные типы барботажных газожидкостных реакторов (колонные, с циркуляционным контуром, емкостные с механическим перемешиванием жидкости).

2. Задача № 24 ( Методические указания « Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.17)

### **Вариант 5**

1. Реакторы для химических реакций в системах «газ-жидкость». Основные типы поверхностных газожидкостных реакторов ( насадочные, пленочные, механические пленочные).

2. Задача № 25 – получение йода ( Методические указания « Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.17)

### **Вариант 6**

1. Реакторы для гомогенных химических реакций в газовой фазе (экзо- и эндотермические реакторы, работающие в одном из режимов теплообмена: адиабатические, изотермические, автотермические ).

2. Задача № 26 – получение хлорита натрия (Методические указания « Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.17)

### **Вариант 7**

1. Реакторы для химических реакций в системах «газ - твердое тело». Основные типы реакторов ( с неподвижным, механически перемещаемым или взвешенным слоем твердого реагента).

2. Задача № 27 ( Методические указания « Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.17-18)

### **Вариант 8**

1. Требования к конструкционным материалам в производстве химических реакторов. Металлы и сплавы ( сталь, чугун, сплавы цветных металлов: алюминия, меди, титана).

2. Задача № 28 ( Методические указания « Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.18)

### **Вариант 9**

1. Требования к конструкционным материалам в производстве химических реакторов. Не-металлические конструкционные материалы ( неорганические материалы естественного и искусственного происхождения: стекло, ситаллы, керамика, углеграфит).

2. Задача № 29 ( Методические указания « Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.18)

### **Вариант 10**

1. Требования к конструкционным материалам в производстве химических реакторов. Не-металлические конструкционные материалы ( органические конструкционные материалы: резина, эбонит, пластмассы, композиционные материалы).

2.Задача № 30 ( Методические указания « Технологические расчеты в химической технологии», Энгельс, 2021, с.18)

Учебно-методическое обеспечение приведено в разделе 15 («Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»).

### **10.Расчетно-графическая работа**

Учебным планом не предусмотрена.

### **11.Курсовая работа**

Учебным планом не предусмотрена.

### **12.Курсовой проект**

Учебным планом не предусмотрен.

### **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Б.1.2.14 Химические реакторы» должны сформироваться следующие компетенции:ПК-16.

В рамках производственно-технологической деятельности под компетенцией ПК-16 - способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

Для формирования компетенции ПК-16 необходимы базовые знания дисциплин: Б.1.1.6 Математика, Б.1.1.8Физика, Б.1.1.9 Общая и неорганическая химия, Б.1.1.10 Органическая химия, Б.1.1.11 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа, Б.1.1.12 Физическая химия, Б.1.1.13 Коллоидная химия, Б.1.1.20 Общая химическая технология, Б.1.2.12 Процессы и аппараты химической технологии.

Формирование данной компетенции происходит также при выполнении курсовых работ и проектов и при прохождении Б.2.3 2-й производственной практики, Б.2.4. Производственной (НИР) практики, Б.2.5. Производственной (преддипломной) практики.



Код компетенции	Этап формирования	Цель освоения	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ПК- 16	8 семестр	Приобретение навыков проведения теоретико-экспериментальных исследований с применением математического моделирования и анализа полученных химических и физических данных; сопровождения технологических процессов в соответствии с регламентом; использования технических средств для определения основных параметров процесса и определением свойств сырья и готовой продукции	Контрольная работа  Зачет	Задания для контрольной работы  Вопросы для зачета.	зачтено / не зачтено

Для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины Б.1.2.14 «Химические реакторы», проводится итоговая аттестация в виде зачета. Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине Б.1.2. 14 «Химические реакторы» включает учет успешности выполнения заданий на практических занятиях и при выполнении самостоятельной работы и сдачу зачета.

«Зачтено» за контрольную работу ставится в случае, если она полностью правильно выполнена, при этом обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Не зачтено» ставится в случае, если работа выполнена неправильно, тогда она возвращается на доработку и затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

Самостоятельная работа считается успешно выполненной в случае, если проработан теоретический материал по каждой теме. Задания соответствуют пункту 9 рабочей программы.

К **зачету** по дисциплине обучающиеся допускаются при:  
- представлении отчетов по всем практическим работам;

- сдачи отчета по самостоятельной работе;
- при успешно выполненной контрольной работе;

Зачет сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 вопроса из перечня «Вопросы для зачета». Оценивание проводится по принципу «зачтено /не зачтено».

«Зачтено» ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе ,
  - умении оперировать специальными терминами,
  - использовании в ответе дополнительного материала,
  - иллюстрировании теоретического положения практическим материалом;
- при этом в ответе могут иметься
- негрубые ошибки или неточности,
  - затруднения в использовании практического материала,
  - не вполне законченные выводы или обобщения.

«Не зачтено» ставится при:

- неполном схематичном ответе,
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании.

#### Уровни освоения компетенций в рамках дисциплины Б.1.1.22 «Химические реакторы»

Уровни сформированности компетенций	Содержательное описание уровня	Основные признаки уровня освоения компетенции
Пороговый уровень	Обязательный для всех студентов-выпускников вуза по завершении освоения ООП ВО	<p>1. Знание: типов химических реакторов; конструктивных особенностей различных типов реакторного оборудования; назначения и характеристик основных элементов химических реакторов.</p> <p>2. Умение: обосновать выбор типа реактора; произвести расчет материального и теплового балансов для заданного процесса; определить параметры повышения эффективности процесса в химическом реакторе.</p> <p>3. Владение: методами определения технологических показателей процесса; методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования и наилучшей организации процесса в химическом реакторе; методами выбора химических реакторов.</p>

## Вопросы для зачета

1. Основные классификационные признаки химических реакторов.
2. Характеристика показателей материального баланса химических реакторов и методика его составления.
3. Характеристика показателей теплового баланса химических реакторов и методика его составления
4. Основные типы химических реакторов. Реакторы для химических реакций в жидкой среде.
5. Распыливающие реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере форсуночных абсорберов.
6. Распыливающие реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере прямоточных аппаратов на основе трубы Вентури.
7. Распыливающие реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере аппаратов с механическими распыливающими устройствами.
8. Барботажные реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере колонных аппаратов.
9. Барботажные реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере газлифтных аппаратов.
10. Барботажные реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере ёмкостных аппаратов с механическими перемешивающими устройствами.
11. Поверхностные реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере насадочных аппаратов.
12. Поверхностные реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере плёночных аппаратов.
13. Поверхностные реакторы для химических реакций в системах Г-Ж на примере механических плёночных аппаратов.
14. Реакторы с неподвижным или компактно движущимся слоем твердого реагента для химических реакций в системах Г-Т.
15. Реакторы с механически перемещаемым слоем твердого реагента для химических реакций в системах Г-Т на примере барабанных вращающихся аппаратов.
16. Реакторы со взвешенным слоем твердого реагента для химических реакций в системах Г-Т на примере аппаратов с псевдоожиженным (кипящим) слоем.
17. Реакторы со взвешенным слоем твердого реагента для химических реакций в системах Г-Т на примере аппаратов с аэрофонтанным (распылительным) слоем.
18. Реакторы со взвешенным слоем твердого реагента для химических реакций в системах Г-Т на примере вихревых (циклонных) аппаратов.
19. Экзотермические реакторы для гомогенных химических реакций в газовой фазе.
20. Эндотермические реакторы для гомогенных химических реакций в газовой фазе.

21. Условия эксплуатации химического оборудования и требования, предъявляемые к конструкционным материалам.
22. Классификация конструкционных материалов. Неорганические материалы естественного и искусственного происхождения, применяемые для оборудования химических производств.
23. Стали как основной конструкционный материал для оборудования химических производств.
24. Цветные металлы и их сплавы как конструкционные материалы для оборудования химических производств.
25. Органические конструкционные материалы (резина, эбонит, пластмассы, полимерные композиты), применяемые для оборудования химических производств.

#### **14. Образовательные технологии**

Чтение лекций по данной дисциплине проводится с использованием мультимедийных средств. На практических занятиях используются ролевые игры, проведение анализа эффективности конкретных химико-технологических процессов, выбор данных для составления материального и теплового баланса конкретных типов химических реакторов. Отчет по СРС проводится в форме семинара с представлением подготовленных в виде презентации ответов по индивидуальным заданиям.

#### **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

##### **Основная литература**

1. Швалёв Ю.Б. Общая химическая технология. Ч.1. Химические процессы и реакторы: учебное пособие. / Ю.Б.Швалёв, Д.А. Гормушко.- Томск : Томский политехнический университет, 2019. - 187 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/96108.html>
2. Химические реакторы : учебное пособие / В. Ю. Долуда, А. В. Быков, М. Е. Григорьев [и др.]. — Тверь : ТвГТУ, 2019. — 160 с. — ISBN 978-5-7995-1061-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171336> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Воронцов, К. Б. Химические реакторы : учебное пособие / К. Б. Воронцов. — Архангельск : САФУ, 2017. — 80 с. — ISBN 978-5-00058-584-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161737> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Семакина О.К. Машины и аппараты химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств : учебное пособие / Семакина О.К. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 154 с. — ISBN 978-5-

4387-0693-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83969.html>.

#### Дополнительная литература

5. Попов, Ю. В. Химические реакторы (теория химических процессов и расчет реакторов) : учебное пособие / Ю. В. Попов, Т. К. Корчагина, В. С. Лобасенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Волгоград : ВолгГТУ, 2015. — 240 с. — ISBN 978-5-9948-2027-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157211> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Углев Н.П. Теория химических реакторов: введение в основные разделы курса: учебное пособие / Углев Н.П. - Пермь: Пермский государственный технический университет, 2008. - 184 с. — ISBN 978-5-88151-894-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/110560.html>

7. Машины и аппараты химических производств: уч.пособие для вузов под общ.ред. А.С.Тимонина.- Калуга: Изд-во Н.Ф.Бочкаревой,2008.-872 с. Экземпляры всего: 3

8. Ульянов В.М. Химические реакторы и печи: уч.пос./ В.М.Ульянов.- Нижегородский гос.техн.ун-т, Н.Новгород, 2006.-202 с. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785996301096-SCN0003.html>

Методические указания для освоения дисциплины (модуля) обучающимися

9. Левкина Н.Л. Технологические расчеты в химической технологии : МУ к практическим занятиям для студентов направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» / Н.Л. Левкина, Т.П. Устинова, 2019.- 20 с. - Текст: электронный. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1004&tip=6>

#### Периодические издания (журналы)

10. Пластические массы. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1112589>. Доступные архивы 2009-2020 гг.

11. Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. Ивановский государственный химико-технологический университет. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=942222>. Доступные архивы 2006-2020 гг.

12. Химическая промышленность сегодня

13. Химическая технология

14. Российский химический журнал

15. Журнал прикладной химии

### Интернет-источники

16. <http://www.encyclopedia.ru> / Мир энциклопедий on-line
17. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
18. Библиотека Российской академии наук (БАН) <http://www.rasl.ru>
19. Российская государственная библиотека (РГБ) <http://www.rsl.ru>  
<http://science.kaznu.kz>

### Источники ИОС

19. Конспект лекций. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/WebLib/16070.doc>

## **16. Материально-техническое обеспечение**

### **Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа**

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 40 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome

### **Учебная аудитория для проведения занятий практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций**

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 24 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome

Рабочую программу составили \_\_\_\_\_

проф. Устинова Т.П.  
доц. Левкина Н.Л.

28.06.2021

## 17. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Председатель УМКН \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /