

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.1.1.28 Химические реакторы»**  
направление подготовки  
**18.03.01 «Химическая технология»**

**Профиль 4 «Технология химических и нефтегазовых производств»**

форма обучения – **очная**  
курс – **4**  
семестр – **7**  
зачетных единиц – **3**  
часов в неделю – **2**  
всего часов – **108**  
в том числе:  
лекции – **16**  
коллоквиумы – **нет**  
практические занятия – **16**  
лабораторные занятия – **нет**  
самостоятельная работа – **76**  
зачет – **нет**  
экзамен – **7 семестр**  
РГР – **нет**  
курсовая работа – **7 семестр**  
курсовой проект – **нет**

Рабочая программа обсуждена на заседании  
кафедры ТОХП  
06 июня 2024 г., протокол №13  
Зав. кафедрой *Левкина* Н.Л. Левкина

Рабочая программа утверждена на заседании  
УМКН ХМТН  
14 июня 2024 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 ВО

Дисциплина Б.1.1.22 Химические реакторы относится к базовой части.

Знания, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины «Химические реакторы», потребуются при освоении следующих дисциплин: Б.1.1.18 «Безопасность жизнедеятельности», Б.1.1.21 «Моделирование химико-технологических процессов», Б.1.1.23 «Системы управления химико-технологическими процессами», Б.1.2.15 «Научные основы технологии переработки полимеров», Б.1.3.7.1 «Технология переработки полимеров», Б.1.3.8.1 «Оборудование в технологии переработки полимеров», Б.1.3.12.2 «Химия и технология полимерных композиционных материалов», Б.1.3.13.1 «Технология армирующих волокон», Б.2.5. Производственная (пред-дипломная) практика.

Для освоения данной дисциплины студентам необходимы знания и умения, приобретенные при изучении следующих дисциплин: 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.1.1.14 «Экология», Б.1.1.19 «Общая химическая технология», Б.1.1.20 «Процессы и аппараты химической технологии».

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующей компетенции (в соответствии ФГОС ВО):

ОПК-2 - способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности;

ОПК-4 - способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.

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.

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)
ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Знает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.
	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением математических, физических, физико-химических, химических методов
	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Имеет навыки теоретического и

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)
	экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности
ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Знает технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции.
	ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Умеет осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья
	ИД-3 <sub>ОПК-4</sub> Владеет навыками проведение технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Знает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.	
ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением математических, физических, физико-химических, химических методов	
ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Имеет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	
ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Знает технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции.	
ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Умеет осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	
ИД-3 <sub>ОПК-4</sub> Владеет навыками проведение технологического процесса	

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

№ Мо-ду-ля	№ Не-де-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы/ из них в интерактивной форме					
				все-го	Лек-ции	Кол-лок-виумы	Лабо-ра-торные	Прак-ти-чес-кие	СР С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 семестр									
1	1-5	1	Основные типы химических реакторов. Их классификация.	38	4			6	28
		2	Расчет реактора. Материальный и тепловой баланс.						
2	6-13	3	Характеристика реакторов для химических реакций в системах Ж-Ж, Г-Ж, Г-Т, Г-Г.	46	10			6	30
3	14-16	4	Конструкционные материалы для производства химических реакторов.	24	2			4	18
Всего				108	16			16	76

## 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	<b>Понятие о химическом реакторе. Типы реакторов.</b> Классификация химических реакторов по базовым критериям: гидродинамической обстановке, термическим условиям, условиям теплообмена, фазовому составу, способу организации процесса. Дополнительные критерии классификации. Основные типы химических реакторов.	[1-5]
2	2	2	<b>Теоретическое обеспечение расчёта химического реактора.</b> Характеристики эффективности химического процесса. Составление материального и теплового баланса реактора.	[1,4, 6-8]
3	10	3-7	<b>Конструкции реакторов.</b> Реакторы для газовых и жидкостных гомогенных процессов, для газожидкостных процессов, для гетерогенных процессов с твердой фазой. Экзо- и эндотермические реакторы. Емкостные реакторы и их основные элементы. Реакторы абсорбционного типа: распыливающие, барботажные, поверхностные. Реакторы с неподвижным, механически перемещаемым и взвешенным слоем твердого реагента.	[2,3,7-9]
4	2	8	Конструкционные материалы для производства химических реакторов (металлы, неметаллические материалы).	[2,8]
	16			

## 6. Содержание коллоквиумов

Учебным планом не предусмотрено.

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии.	Учебно-методическое обеспечение
2	6	Анализ критериев эффективности химического процесса. Расчет степени превращения (конверсии) компонентов реакционной смеси, выхода целевого продукта и селективности химического процесса по индивидуальному заданию.	[1,2,6]
3	10	Обоснование выбора данных для составления материального и теплового баланса реактора для конкретного химического процесса. Расчет материального и теплового баланса реактора по индивидуальному заданию.	[1,2,6]
	16		

## 8. Перечень лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы для самостоятельного изучения	Учебно-методическое обеспечение
1	28	Изучение основных классификационных характеристик реакторов, используемых в технологии синтеза и переработки полимеров по индивидуальному заданию	[1-5]
2	30	Изучение конструктивных особенностей химических реакторов, используемых в технологии синтеза и переработки полимеров по индивидуальному заданию	[2,3,7-9]
3	18	Обоснование выбора конструкционных материалов для реакторов, используемых в технологии синтеза и переработки полимеров по индивидуальному заданию	[2,8]
	76		

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

Учебным планом не предусмотрено.

## **11. Курсовая работа**

Курсовая работа в 7 семестре.

Надо примерные темы курсовых работ

## **12. Курсовой проект**

Учебным планом не предусмотрено.

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

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося при изучении дисциплины Б.1.1.28 «Химические реакторы» должны сформироваться компетенции ОПК-2 и ОПК-4.

В рамках научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности под компетенцией ОПК-2 понимается способность использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.

Формирование данной компетенции происходит при изучении следующих дисциплин: 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.1.1.19 Общая химическая технология, Б.1.1.20 Процессы и аппараты химической технологии.

Формирование данной компетенции происходит также при выполнении курсовых работ и проектов, работы в день НПП и при прохождении Производственной практики.

В рамках научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности под компетенцией ОПК-4 понимается способность обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.

Формирование данной компетенции происходит при изучении следующих дисциплин: 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.1.1.19 Общая химическая технология, Б.1.1.20 Процессы и аппараты химической технологии.

Формирование данной компетенции происходит также при выполнении курсовых работ и проектов, работы в день НПП и при прохождении Производственной практики.

Для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины Б.1.1.28 «Химические реакторы», проводится итоговая аттестация в виде экзамена. Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине Б.1.1.28 «Химические реакторы» включает учет успешности выполнения про-

граммы практических занятий, самостоятельной работы, тестовых заданий и сдачу экзамена.

Практические работы считаются успешно выполненными в случае представления в конце занятия отчета, включающего решение поставленных задач. Шкала оценивания – «зачтено / не зачтено». «Зачтено» за практическую 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, если проработан теоретический материал по каждой теме, а также представлены подготовленные в виде презентации ответы по индивидуальным заданиям. Задания соответствуют пункту 9 рабочей программы.

В конце семестра обучающийся письменно (или на компьютере) отвечает на тестовые задания, содержащие вопросы по изученному материалу. Оценивание тестовых заданий проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». В качестве критериев оценивания используется количество правильных ответов. При ответе на 60 и более % вопросов выставляется «зачтено», что является основанием допуска обучающегося к сдаче зачета.

К экзамену по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- предоставлении всех отчетов по всем практическим работам;
- сдачи отчета по самостоятельной работе и его защите;
- активном участии при проведении практических занятий (занятий в интерактивной форме).

Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено по 2 вопроса из перечня «Вопросы для экзамена». Оценивание проводится по **пятибалльной шкале**.

**«Зачтено» ставится при:**

- правильном, полном и логично построенном ответе,
  - умении оперировать специальными терминами,
  - использовании в ответе дополнительного материала,
  - иллюстрировании теоретических положений 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,
- не умении оперировать специальными терминами или при их незнании.

Уровни освоения компетенций в рамках дисциплины

Б.1.1.28 «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: принципов классификации реакторного оборудования; основных типов химических реакторов и их конструктивных особенностей; 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 эффективной организации химического процесса в реакторе; методами выбора химических реакторов.</p>

**Тестовые задания по дисциплине**

1. Химическими реакторами называют используемые в химической технологии аппараты, в которых

- протекают химические реакции между используемыми сырьевыми компонентами;

- протекают химические реакции, сопровождаемые массо- и теплопереносом;

- протекают химические реакции и процессы теплообмена;

- протекают химические реакции, сопровождаемые изменением массы.

2. При классификации химических реакторов по гидродинамической обстановке в реакционной зоне к реакторам смешения относят

- аппараты с удлиненным корпусом или каналом, отличающиеся направленным движением реакционной среды;

- аппараты, обеспечивающие перемешивание реакционной среды;

- емкостные аппараты, в которых для перемешивания реакционной среды используют механические мешалки или циркуляционные насосы;

- аппараты, в которых осуществляется однонаправленное перемешивание реакционной среды.

3. При классификации химических реакторов по гидродинамической обстановке в реакционной зоне к реакторам вытеснения относят

- аппараты, в которых осуществляется распределение потоков реакционной среды;

- аппараты, обеспечивающие перемешивание реакционной среды;

- емкостные аппараты, в которых для перемешивания реакционной среды используют механические мешалки или циркуляционные насосы;

- аппараты с удлиненным корпусом или каналом, отличающиеся направленным движением реакционной среды.

4. При классификации химических реакторов по термическим условиям протекающих в них процессов экзотермическими реакторами называют

- аппараты, в которых в ходе химических реакций чередуются циклы выделения и поглощения тепла;

- аппараты, в которых химические реакции протекают с выделением тепла;

- аппараты, в которых в химическом процессе не происходит выделения или поглощения тепла;

- аппараты, в которых химические реакции протекают с поглощением тепла.

5. При классификации химических реакторов по термическим условиям протекающих в них процессов эндотермическими реакторами называют

- аппараты, в которых химические реакции протекают с выделением тепла;

- аппараты, в которых в ходе химических реакций чередуются циклы выделения и поглощения тепла;

- аппараты, в которых химические реакции протекают с поглощением тепла;

- аппараты, в которых в химическом процессе не происходит выделения или поглощения тепла.

6. При классификации химических реакторов по термическим условиям протекающих в них процессов сменно-циклическими реакторами называют

- аппараты, в которых в химическом процессе не происходит выделения или поглощения тепла;

- аппараты, в которых химические реакции протекают с выделением тепла;

- аппараты, в которых в ходе химических реакций чередуются циклы выделения и поглощения тепла;

- аппараты, в которых химические реакции протекают с поглощением тепла.

7. При адиабатическом режиме работы химического реактора в процессе химической реакции

- поддерживается постоянная температура во всем объеме реакционной среды с помощью теплообменных устройств;

- отсутствует теплообмен с окружающей средой;

- поддерживается постоянная температура во всем объеме реакционной среды без использования теплообменных устройств;

- периодически происходит теплообмен с окружающей средой.

8. При изотермическом режиме работы химического реактора в процессе химической реакции

- отсутствует теплообмен с окружающей средой;

- поддерживается постоянная температура во всем объеме реакционной среды с помощью теплообменных устройств;

- поддерживается постоянная температура во всем объеме реакционной среды без использования теплообменных устройств;

- периодически происходит теплообмен с окружающей средой.

9. При автотермическом режиме работы химического реактора в процессе химической реакции

- поддерживается постоянная температура во всем объеме реакционной среды с помощью теплообменных устройств;

- отсутствует теплообмен с окружающей средой;

- поддерживается постоянная температура во всем объеме реакционной среды без использования теплообменных устройств;
- периодически происходит теплообмен с окружающей средой.

10. При использовании в химической реакции компонентов, находящихся в одном агрегатном состоянии, протекающий в реакторе процесс называют

- эмульсионным
- гетерогенным;
- суспензионным;
- гомогенным.

11. При проведении в реакторе химических реакций, протекающих на границе раздела фаз, процесс называют

- суспензионным;
- гетерогенным;
- гомогенным;
- эмульсионным.

12. К химическим реакторам периодического действия относятся аппараты, в которых

- осуществляется непрерывная подача реагентов при периодической выгрузке продуктов реакции;
- загрузка реагентов, химические превращения и выгрузка продуктов реакции осуществляется параллельно;
- загрузка реагентов осуществляется до начала реакции, а продукты реакции выгружают по окончании реакции;
- осуществляется периодическая подача реагентов при непрерывной выгрузке продуктов реакции.

13. К химическим реакторам непрерывного действия относятся аппараты, в которых

- осуществляется периодическая подача реагентов при непрерывной выгрузке продуктов реакции;
- осуществляется непрерывная подача реагентов при периодической выгрузке продуктов реакции;
- загрузка реагентов осуществляется до начала реакции, а продукты реакции выгружают по окончании реакции;
- загрузка реагентов, химические превращения и выгрузка продуктов реакции осуществляется параллельно.

14. К химическим реакторам полунепрерывного действия относятся аппараты, в которых

- осуществляется периодическая подача реагентов при непрерывной выгрузке продуктов реакции;

- осуществляется полунепрерывная подача реагентов при полунепрерывной выгрузке продуктов реакции;

- загрузка реагентов осуществляется до начала реакции, а продукты реакции выгружают по окончании реакции;

- загрузка реагентов, химические превращения и выгрузка продуктов реакции осуществляется параллельно.

15. Если в произвольно выбранной точке реакционного пространства происходит изменение параметров химического процесса с течением времени, режим реактора называют

- каталитическим;

- некаталитическим;

- стационарным;

- нестационарным.

16. Если химический процесс в любой точке реакционной зоны характеризуется постоянством параметров во времени, режим реактора называют

- стационарным;

- нестационарным;

- каталитическим;

- некаталитическим.

17. Ёмкость с днищем и крышкой, теплообменное и перемешивающее устройства являются основными элементами реакторов для проведения химических реакций

- в системе газ – жидкость;

- в газовой фазе;

- в жидкой фазе;

- в системе газ – твердое тело.

18. Гладкие рубашки и приваренные к корпусу реактора змеевики относятся

- к выносным теплообменным устройствам;

- к встроенным наружным теплообменным устройствам;

- к встроенным внутренним теплообменным устройствам;

- к крышке или днищу аппарата.

19. Поверхностные кожухотрубчатые теплообменники, смонтированные совместно с реактором, относятся

- к встроенным наружным теплообменным устройствам;

- к встроенным внутренним теплообменным устройствам;

- к выносным теплообменным устройствам;

- к крышке или днищу аппарата.

20. Цилиндрическая или плоская трубчатая спираль, пучок прямых вертикальных труб, полые диффузоры в виде стаканов относятся

- к встроенным внутренним теплообменным устройствам;
- к встроенным наружным теплообменным устройствам;
- к выносным теплообменным устройствам;
- к крышке или днищу аппарата.

21. Для перемешивания низковязких жидкостей при турбулентном режиме их движения применяют быстроходные перемешивающие устройства с перпендикулярным по отношению к плоскости вращения расположением лопастей, к которым относятся

- якорные и рамные мешалки;
- все разновидности винтовых мешалок;
- лопастные, турбинные, листовые и клетьевые мешалки;
- шнековые, ленточные, скребковые мешалки.

22. Для перемешивания низковязких жидкостей при турбулентном режиме их движения применяют быстроходные перемешивающие устройства с расположением лопастей под постоянным или переменным углом наклона к плоскости вращения, к которым относятся

- якорные и рамные мешалки;
- все разновидности винтовых мешалок;
- лопастные, турбинные, листовые и клетьевые мешалки;
- шнековые, ленточные, скребковые мешалки.

23. При реализации ламинарного режима вязких жидкостей применяют тихоходные перемешивающие устройства с перпендикулярным расположением лопастей по отношению к плоскости вращения, к которым относятся

- якорные и рамные мешалки;
- все разновидности винтовых мешалок;
- лопастные, турбинные, листовые и клетьевые мешалки;
- шнековые, ленточные, скребковые мешалки.

24. При реализации ламинарного режима вязких жидкостей применяют тихоходные перемешивающие устройства с расположением лопастей под постоянным или переменным углом наклона к плоскости вращения, к которым относятся

- якорные и рамные мешалки;
- все разновидности винтовых мешалок;
- лопастные, турбинные, листовые и клетьевые мешалки;
- шнековые, ленточные, скребковые мешалки.

25. В газожидкостных реакторах распыливающего типа, к которым относятся форсуночные аппараты, а также прямоточные аппараты на основе трубы Вентури и аппараты с механическими распыливающими устройствами, поверхность контакта фаз создаётся

- на пузырьках газа, пропускаемого через объём жидкости;
- на каплях распыленной в потоке газа жидкости;
- между потоком газа и поверхностью жидкости;
- при взаимодействии фаз.

26. В газожидкостных реакторах барботажного типа, к которым относятся колонные, газлифтные и емкостные с механическими мешалками аппараты, поверхность контакта фаз создаётся

- на пузырьках газа, пропускаемого через объём жидкости;
- на каплях распыленной в потоке газа жидкости;
- между потоком газа и поверхностью жидкости;
- при взаимодействии фаз.

27. В газожидкостных реакторах поверхностного типа, к которым относятся насадочные, плёночные и механические плёночные аппараты, поверхность контакта фаз создаётся

- на пузырьках газа, пропускаемого через объём жидкости;
- на каплях распыленной в потоке газа жидкости;
- между потоком газа и поверхностью жидкости;
- при взаимодействии фаз.

28. В системах газ - твёрдое тело применяют горизонтальные с вращающимся корпусом (барабанные) печи-реакторы, в которых химические реакции протекают между потоком газа и

- взвешенным слоем твёрдого реагента;
- неподвижным или компактно движущимся слоем твёрдого реагента;
- механически перемещаемым слоем твёрдого реагента;
- измельчённым твёрдым реагентом.

29. В системах газ - твёрдое тело применяют вихревые (циклонные) реакторы, а также реакторы с аэрофонтанным или псевдоожигженным (кипящим) слоем твёрдого реагента, в которых химические реакции протекают между потоком газа и

- взвешенным слоем твёрдого реагента;
- неподвижным или компактно движущимся слоем твёрдого реагента;
- механически перемещаемым слоем твёрдого реагента;
- измельчённым твёрдым реагентом.

30. Для проведения химических гомогенных реакций в газовой фазе применяют пламенные (реакция идёт в области температур воспламенения) и бес-

пламенные (реакции протекают ниже температур воспламенения) реакторы, которые называют

- низкотемпературными реакторами;
- эндотермическими реакторами;
- высокотемпературными реакторами;
- экзотермическими реакторами.

31. Для проведения химических гомогенных реакций в газовой фазе применяют реакторы с прямым нагревом сырья (смешением газообразного/твёрдого теплоносителя или с помощью электрической дуги) или с не прямым нагревом (нагрев дымовыми газами через стенку), которые называют

- низкотемпературными реакторами;
- эндотермическими реакторами;
- высокотемпературными реакторами;
- экзотермическими реакторами.

32. Какие конструкционные материалы, применяемые при производстве химических реакторов, относятся к сталям?

- неорганические материалы естественного происхождения;
- неорганические материалы искусственного происхождения;
- сплавы железа с углеродом при его содержании от 0,08 до 2,14 %;
- сплав меди с никелем при его высоком содержании.

33. Стали, содержащие от 2,5 до 10 % функциональных добавок, называют

- двухслойными конструкционными сталями;
- углеродистыми сталями обыкновенного качества;
- качественными углеродистыми сталями;
- легированными сталями.

34. При производстве химических реакторов широко используют такие металлы как алюминий, медь, титан или их сплавы, которые являются

- неорганическими материалами естественного происхождения;
- неорганическими материалами искусственного происхождения;
- цветными металлами;
- высоколегированными сталями.

35. К неметаллическим конструкционным неорганическим материалам естественного происхождения относятся

- керамика, стекло, ситталы, стеклоэмали, цементы;
- андезит, базальт, гранит, диабаз, доломит, каолин;
- мягкая и жёсткая резина, эбонит;
- полиамиды, полиолефины, фенопласты, эпоксипласты.

36. К неметаллическим конструкционным неорганическим материалам искусственного происхождения относятся

- керамика, стекло, ситталы, стеклоэмали, цементы;
- андезит, базальт, гранит, диабаз, доломит, каолин;
- мягкая и жёсткая резина, эбонит;
- полиамиды, полиолефины, фенопласты, эпоксипласты.

37. К конструкционным органическим материалам на основе каучука с содержанием вулканизата до 3-х, от 3 до 8, от 25 и более % относятся

- керамика, стекло, ситталы, стеклоэмали, цементы;
- андезит, базальт, гранит, диабаз, доломит, каолин;
- мягкая и жёсткая резина, эбонит;
- полиамиды, полиолефины, фенопласты, эпоксипласты.

38. К неметаллическим конструкционным органическим материалам относятся такие пластмассы как

- полиамиды, полиолефины, фенопласты, эпоксипласты;
- керамика, стекло, ситталы, стеклоэмали, цементы;
- андезит, базальт, гранит, диабаз, доломит, каолин;
- мягкая и жёсткая резина, эбонит.

39. К неметаллическим конструкционным органическим материалам относятся полимерные композиционные материалы, которыми называют

- поликомпонентные материалы, в которых в качестве полимерного связующего используют термопластичные или терморезистивные смолы, а в качестве наполнителей – волокна или дисперсные вещества;
- многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями;
- материал с гетерогенной структурой, состоящей, как минимум, из двух фаз, выполняющих функции связующего/матрицы, наполнителя и различных модификаторов;
- материалы, состоящие из непрерывной фазы (полимерной матрицы), усиливающих наполнителей и функциональных добавок.

## Вопросы к экзамену

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.

В рамках учебных занятий по данной дисциплине предусмотрено обсуждение с представителями предприятия ОАО «Саратоворгсинтез» конкретных производственных ситуаций, связанных с эксплуатацией химических реакторов в технологии получения нитрила акриловой кислоты.

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

### 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>.

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 обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

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/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1004&tip=5>.

## 16. Материально-техническое обеспечение

<p>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа ауд.433</p>	<p>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.</p> <p>Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), Google-Chrome</p>
<p>2. Учебная аудитория для проведения занятий практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций ауд.313</p>	<p>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.</p> <p>Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), Google-Chrome</p>

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 \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /