

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 1.1.30 «Химические реакторы»**

направления подготовки

18.03.01 Химическая технология

Профиль 4 «Технология химических и нефтегазовых производств»

Формы обучения: очная, заочная

Объем дисциплины:

в зачетных единицах: 2 з.е.

в академических часах: 72 ак.ч.

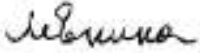
Рабочая программа по дисциплине Б 1.1.30 «Химические реакторы» направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» профиль №4 «Технология химических и нефтегазовых производств» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 18.03.01 «Химическая технология», утвержденным приказом Минобрнауки России приказ № 922 от 7 августа 2020 года.

Рабочая программа:

**обсуждена и рекомендована** к утверждению решением кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» от «19» июня 2023 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой ТОХП  /Левкина Н.Л./

**одобрена** на заседании УМКН от «26» июня 2023 г., протокол №5.

Председатель УМКН  /Левкина Н.Л.//

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины: формирование химико-технологического мировоззрения бакалавров для их научно-исследовательской и производственно-технологической профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины:

- 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 ОПОП ВО**

Дисциплина Б 1.1.30 «Химические реакторы» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

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

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

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

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование компетенции (результат освоения)   | Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)   | Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)   |
|---|---|--|
| <p>ОПК-2 - способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности</p> | <p>ИД-3<sub>ОПК-2</sub> Способен овладеть теорией, определяющей конструктивные особенности оборудования производств базовых химических продуктов; изучить основные типы химических реакторов и конструкционных материалов, применяемых при их создании; овладеть навыками технологических расчетов для решения задач профессиональной</p> | <p><b>знать:</b> типы и назначение химических реакторов; конструктивные особенности различных типов реакторного оборудования; назначение и характеристику основных элементов химических реакторов</p> <p><b>уметь:</b> обосновать выбор типа реактора; произвести расчет материального и теплового баланса для заданного процесса; обосновать выбор конструкционного материала для реактора, применяемого в конкретном химическом процессе</p> <p><b>владеть:</b> методами выбора типа химического реактора; методиками расчета материального и теплового балансов реакторного оборудования; методиками обоснованного подбора конструкционных материалов для различных типов химических реакторов.</p> |

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

##### *очная форма обучения*

| Вид учебной деятельности   | ак. часов |              |
|--|-----------|--------------|
|  | Всего     | по семестрам |
|  |           | 7 семестр    |
| 1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:                 | 32        | 32           |
| • занятия лекционного типа,                                      | 16        | 16           |
| • занятия семинарского типа:                                     |           |              |
| практические занятия   | 16        | 16           |
| лабораторные занятия   |           |              |
| в том числе занятия в форме практической подготовки              |           |              |
| 2. Самостоятельная работа студентов, всего                       | 40        | 40           |
| – курсовая работа (проект)<br>(отсутствует – / при наличии +)    | -         | -            |
| – расчетно-графическая работа<br>(отсутствует – / при наличии +) | -         | -            |
| 3. Промежуточная аттестация:<br>экзамен, зачет с оценкой, зачет  | зачет     | зачет        |
| Объем дисциплины в зачетных единицах                             | 2         | 2            |
| Объем дисциплины в акад. часах                                   | 72        | 72           |

##### *заочная форма обучения*

| Вид учебной деятельности   | Заочная форма обучения (акад. часов) |              | Заочная форма обучения по индивидуальным планам в ускоренные сроки (акад. часов) |              |
|--|--------------------------------------|--------------|--|--------------|
|  | Всего                                | по семестрам | Всего  | по семестрам |
| 1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:                 | 10                                   | 10           |  |              |
| • занятия лекционного типа,                                      | 6                                    | 6            |  |              |
| • занятия семинарского типа:                                     |                                      |              |  |              |
| практические занятия   | 4                                    | 4            |  |              |
| лабораторные занятия   |                                      |              |  |              |
| в том числе занятия в форме практической подготовки              |                                      |              |  |              |
| 2. Самостоятельная работа студентов, всего                       | 62                                   | 62           |  |              |
| – курсовая работа (проект)<br>(отсутствует – / при наличии +)    | -                                    | -            |  |              |
| – расчетно-графическая работа<br>(отсутствует – / при наличии +) | -                                    | -            |  |              |
| – контрольная работа<br>(отсутствует – / при наличии +)          | +                                    | +            |  |              |
| 3. Промежуточная аттестация:<br>экзамен, зачет с оценкой, зачет  | зачет                                | зачет        |  |              |
| ИТОГО:   |                                      |              |  |              |
| акад. часов  | 72                                   | 72           |  |              |
| Общая трудоемкость   | зач. ед.                             | 2            | 2  |              |

## **5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием количества академических часов и видов учебных занятий**

### **5.1. Содержание дисциплины**

#### **Тема 1. Основные типы химических реакторов. Их классификация.**

Классификация химических реакторов по базовым критериям: гидродинамической обстановке, термическим условиям, условиям теплообмена, фазовому составу, способу организации процесса. Дополнительные критерии классификации. Основные типы химических реакторов.

#### **Тема 2. Расчет реактора. Материальный и тепловой баланс.**

Характеристики эффективности химического процесса. Составление материального и теплового баланса реактора.

#### **Тема 3. Характеристика реакторов для химических реакций в системах Ж-Ж, Г-Ж, Г-Т, Г-Г.**

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.

#### **Тема 4. Конструкционные материалы для производства химических реакторов.**

Требования, предъявляемые к материалам конструкционного назначения. Металлы как группа конструкционных материалов: сталь, чугун, цветные металлы (алюминий, медь, титан). Неметаллические материалы. Неорганические материалы естественного и искусственного происхождения. Органические материалы: резина, пластмассы, полимерные композиционные материалы.

## 5.2. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

### очная форма обучения

| № п/п | Наименование раздела, темы дисциплины  | Виды занятий, включая самостоятельную работу студентов (в акад. часах) |  |                        | Код индикатора достижения компетенции |
|-------|--|--|--|------------------------|---------------------------------------|
|       |  | занятия лекционного типа   | занятия семинарского типа / из них в форме практической подготовки | самостоятельная работа |                                       |
| 1.    | Основные типы химических реакторов. Их классификация.                          | 2  | 2  | 10                     | ИД-3ОПК-2                             |
| 2.    | Алгоритм составления материального и теплового баланса химического реактора    | 2  | 4  | 10                     | ИД-3ОПК-2                             |
| 3.    | Характеристика реакторов для химических реакций в системах Ж-Ж, Г-Ж, Г-Т, Г-Г. | 10   | 6  | 10                     | ИД-3ОПК-2                             |
| 4.    | Конструкционные материалы для производства химических реакторов.               | 2  | 4  | 10                     | ИД-3ОПК-2                             |
|       | <b>Итого</b>   | <b>16</b>  | <b>16</b>  | <b>40</b>              |                                       |

### заочная форма обучения

| №<br>п/п | Наименование раздела,<br>темы дисциплины  | Виды занятий, включая самостоятельную<br>работу студентов (в акад. часах) |   |                                 | Код<br>индикатора<br>достижения<br>компетенции |
|----------|---|---|---|---------------------------------|--|
|          |   | занятия<br>лекционного<br>типа  | занятия<br>семинарского<br>типа / из них<br>в форме<br>практической<br>подготовки | самос-<br>стоятельная<br>работа |  |
| 1.       | Основные типы химических реакторов. Их классификация.                           | 1   | 1   | 15                              | ИД-3ОПК-2                                      |
| 2.       | Алгоритм составления материального и теплового баланса химического реактора     | 1   | 1   | 15                              | ИД-3ОПК-2                                      |
| 3.       | Характеристика реакторов для химических ре-акций в системах Ж-Ж, Г-Ж, Г-Т, Г-Г. | 2   | 1   | 15                              | ИД-3ОПК-2                                      |
| 4.       | Конструкционные материалы для производства химических реакторов.                | 2   | 1   | 17                              | ИД-3ОПК-2                                      |
|          | <b>Итого</b>  | <b>6</b>  | <b>4</b>  | <b>62</b>                       |  |

### 5.2. Перечень практических занятий

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела, темы<br>дисциплины                                 | Наименование<br>практического занятия  | Объем дисциплины в акад. часах |                                   |                              |
|----------|---|--|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|          |   |  | очная<br>форма<br>обучения     | очно-заочная<br>форма<br>обучения | заочная<br>форма<br>обучения |
| 1        | Основные типы химических реакторов. Их классификация.                       |  |                                |                                   |                              |
| 2        | Алгоритм составления материального и теплового баланса химического реактора | Анализ критериев эффективности химического процесса. Расчет степени превращения (конверсии) компонентов реакционной смеси, выхода целевого продукта и селективности химического процесса по индивидуальному заданию. | 6                              |                                   | 2                            |



|   |  |  |           |  |          |
|---|--|--|-----------|--|----------|
| 3 | Характеристика реакторов для химических реакций в системах Ж-Ж, Г-Ж, Г-Т, Г-Г. | Обоснование выбора данных для составления материального и теплового баланса реактора для конкретного химического процесса. Расчет материального и теплового баланса реактора по индивидуальному заданию. | 10        |  | 2        |
| 4 | Конструкционные материалы для производства химических реакторов.               |  |           |  |          |
|   | <b>Итого</b>   |  | <b>16</b> |  | <b>4</b> |

### 5.3. Перечень лабораторных работ

*Лабораторные работы не предусмотрены*

### 5.4. Задания для самостоятельной работы студентов

| № п/п | Наименование раздела, темы дисциплины                                       | Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)   | Объем дисциплины в акад. часах |                             |                        |
|-------|---|---|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|       |   |   | очная форма обучения           | очно-заочная форма обучения | заочная форма обучения |
| 1.    | Основные типы химических реакторов. Их классификация.                       | Изучение основных классификационных характеристик реакторов, используемых в технологии синтеза и переработки полимеров по индивидуальному заданию | 10                             |                             | 15                     |
| 2.    | Алгоритм составления материального и теплового баланса химического реактора | Изучение конструктивных особенностей химических реакторов, используемых в технологии синтеза и переработки полимеров по индивидуальному заданию   | 10                             |                             | 15                     |

|    |   |   |           |  |           |
|----|---|---|-----------|--|-----------|
|    |   | заданию   |           |  |           |
| 3. | Характеристика реакторов для химических ре-акций в системах Ж-Ж, Г-Ж, Г-Т, Г-Г. | Обоснование выбора конструкционных материалов для реакторов, используемых в технологии синтеза и переработки полимеров по индивидуальному заданию | 10        |  | 15        |
| 4. | Конструкционные материалы для производства химических реакторов.                |   | 10        |  | 17        |
|    | <b>Итого</b>  |   | <b>40</b> |  | <b>62</b> |

### **6. Расчетно-графическая работа**

*Расчетно-графическая работа не предусмотрена*

### **7. Курсовая работа**

*Курсовая работа не предусмотрена*

### **8. Курсовой проект**

*Курсовой проект не предусмотрен*

### **9. Контрольная работа**

Контрольная работа студентами заочного обучения выполняется в соответствии методическими указаниями, расположенными в ИОС. Задание выдается на установочной сессии.

### **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации**

Оценивание результатов обучения по дисциплине и уровня сформированности компетенций (части компетенции) осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в соответствии с Фондом оценочных средств.

Для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины «Химические реакторы», проводится итоговая аттестация в виде зачета. Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Химические реакторы» включает учет успешности выполнения программы практических занятий, самостоятельной работы, тестовых заданий и сдачу зачета.

Практические работы считаются успешно выполненными в случае предоставления 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.

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 зачету 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).

Зачет сдается устно, по билетам, в которых представлено по 2 вопроса из перечня «Вопросы к зачету».

«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 компетенции в рамках дисциплины  
«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 типа 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 прямоочные 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 псевдооживленным (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 беспламенные (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 зачету

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 псевдооживленным (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.

## **11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **11.1 Рекомендуемая литература**

1. Общая химическая технология. Ч.1. Химические процессы и реакторы : учебное пособие / составители Ю. Б. Швалёв, Д. А. Горлушко. — 2-е изд. — Томск : Томский политехнический университет, 2019. — 187 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/96108.html> (дата обращения: 11.09.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

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. Семакина, О. К. Машины и аппараты химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств : учебное пособие / О. К. Семакина. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 154 с. — ISBN 978-5-4387-0693-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL:

<https://www.iprbookshop.ru/83969.html> (дата обращения: 11.09.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. 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.

5. Углев, Н. П. Теория химических реакторов: введение в основные разделы курса : учебное пособие / Н. П. Углев. — Пермь : Пермский государственный технический университет, 2008. — 184 с. — ISBN 978-5-88151-894-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110560.html> (дата обращения: 11.09.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. 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

7. 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>

8. Общая химическая технология и химические реакторы. Сборник задач : учебное пособие / Н. Ю. Санникова, А. С. Губин, Л. А. Власова [и др.]. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. — 60 с. — ISBN 978-5-00032-534-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119643.html> (дата обращения: 11.09.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

9. Основы расчетов химических реакторов : учебно-методическое пособие / Ф. Р. Гариева, И. Н. Гончарова, А. Г. Сафиулина [и др.]. — Казань : Издательство КНИТУ, 2022. — 80 с. — ISBN 978-5-7882-3152-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/129148.html> (дата обращения: 11.09.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## **11.2. Периодические издания**

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

### **11.3 Перечень электронно-образовательных ресурсов**

1. Учебно-методические материалы по дисциплине «Общая химическая технология» размещены в ИОС ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1004>
2. Сайт ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/>

### **11.4 Электронно-библиотечные системы**

1. «ЭБС IPRbooks»,
2. «ЭБС elibrary»
3. ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»

### **11.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://elibrary.ru/defaultx.asp?> Научная электронная библиотека
2. <http://www.iprbookshop.ru/> Электронная библиотечная система IPRbooks
3. <http://lib.sstu.ru/> Научно-техническая библиотека СГТУ имени Гагарина Ю.А
4. <http://www.edu.ru/index.php> «Российское образование» - федеральный портал
5. <http://www.runnet.ru/> Федеральная университетская компьютерная сеть России
6. <http://window.edu.ru/> Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

### **11.7. Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)**

Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

*Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.*

### **12. Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных**

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных



технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### **12.1 Перечень информационно-справочных систем**

Справочная правовая система «Консультант Плюс»

### **12.2 Перечень профессиональных баз данных**

*Не используются*

### **12.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения**

Образовательный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости).

Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint).

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде.

## **13. Материально-техническое обеспечение**

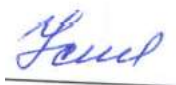
*Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 20 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.

*Учебная аудитория для проведения занятий практического типа*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 20 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины

Рабочую программу составила



Т.П. Устинова

#### 14. 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 \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /