

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»**  
**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВИТЭ

П.В.Луканин

20 18 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.09**

(индекс дисциплины)

**Моделирование химико-технологических процессов  
 переработки древесины**

(Наименование дисциплины)

Кафедра:

**12**

Код

Органическая химия

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая технология переработки древесины

Уровень образования: бакалавриат

### План учебного процесса

| Составляющие учебного процесса   |                          | Очное обуче-<br>ние | Очно-заочное<br>обучение | Заочное обу-<br>чение* |
|--|--------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| Контактная работа обучающих-<br>ся с преподавателем<br>по видам учебных занятий<br>и самостоятельная работа обу-<br>чающихся<br>(часы) | Всего                    | <b>144</b>          |                          | <b>144</b>             |
|  | Аудиторные занятия       | <b>56</b>           |                          | <b>16</b>              |
|  | Лекции                   | 28                  |                          | 8                      |
|  | Лабораторные занятия     |                     |                          |                        |
|  | Практические занятия     | 28                  |                          | 8                      |
|  | Самостоятельная работа   | <b>52</b>           |                          | <b>119</b>             |
|  | Промежуточная аттестация | <b>36</b>           |                          | <b>9</b>               |
| Формы контроля по семестрам<br>(номер семестра)  | Экзамен                  | 8                   |                          | 10                     |
|  | Зачет                    |                     |                          |                        |
|  | Контрольная работа       |                     |                          | 10                     |
|  | РГР                      | 8                   |                          |                        |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>  |                          | <b>4</b>            |                          | <b>4</b>               |

| Форма обучения: | Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам |   |   |   |   |   |   |          |   |          |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|----------|
|                 | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8        | 9 | 10       |
| Очная           |   |   |   |   |   |   |   |          |   |          |
| Очно-заочная    |   |   |   |   |   |   |   | <b>4</b> |   |          |
| Заочная         |   |   |   |   |   |   |   |          |   | <b>4</b> |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным  
государственным образовательным стандартом высшего образования  
по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология

На основании учебного плана № b180301.19-234  
z180301.19-234

Кафедра-разработчик: Органической химии  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Тришин Ю.Г.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

### СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Технологии бумаги и картона  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Смолин А.С.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел: Смирнова В.Г.  
(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области моделирования химико-технологических процессов.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Сформировать основные понятия процесса моделирования отдельных химико-технологических объектов и химико-технологических систем.
- Дать обучающимся принципы построения математической модели химико-технологического объекта и основные положения анализа и синтеза химико-технологических систем
- Привить студентам навыки решения математических моделей как отдельных химико-технологических объектов, так и химико-технологических систем в целом.

## 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы)

| Код компетенции  | Формулировка компетенции  | Этап формирования |
|--|---|-------------------|
| ПК-1   | способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции   | 2,3               |
| <b>Планируемые результаты обучения</b><br><b>Знать:</b><br>1) основы метода математического моделирования, принципы построения математических моделей химико-технологических объектов для решения профессиональных задач;<br>2) методы математического моделирования в оптимизации и проектировании процессов химической технологии и биотехнологии.<br><b>Уметь:</b><br>1) использовать прикладные и специальные программы для решения профессиональных задач;<br>2) разрабатывать математические модели типовых процессов химической технологии с учетом динамических свойств.<br><b>Владеть:</b><br>1) навыками построения математических моделей, основанных на физико-химических закономерностях химико-технологических процессов, а также методами построения и исследования кинетики гомогенных и гетерогенных химических реакций;<br>2) методами моделирования химических реакторов различных типов. |   |                   |
| ПК-2   | Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования | 3                 |
| <b>Планируемые результаты обучения</b><br><b>Знать:</b><br>1) о роли математического моделирования при разработке и эксплуатации современных крупнотоннажных промышленных предприятий;<br>2) принципы и методы построения математических моделей основных процессов химической техно-  |   |                   |

| Код компетенции  | Формулировка компетенции   | Этап формирования |
|--|--|-------------------|
| <p>логии.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) использовать математические методы разработки и исследования эффективных процессов и аппаратов химической технологии;</li> <li>2) использовать компьютерные моделирующие системы для исследования и оперативного анализа типовых объектов химической технологии;</li> </ol> <p><b>Владеть:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) базовыми навыками использования программных продуктов для инженерного оформления технологических процессов;</li> <li>2) навыками решения конкретных задач по моделированию химико–технологических процессов.</li> </ol>  |  |                   |
| ПК-4   | Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения | 3                 |
| <p><b>Планируемые результаты обучения</b></p> <p><b>Знать:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) модульный принцип разработки математического описания химико-технологических процессов;</li> <li>2) особенности моделирования процессов промышленного основного и тонкого органического синтеза, а также производства высокомолекулярных соединений и переработки природного сырья.</li> </ol> <p><b>Уметь:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) провести практические расчеты при исследовании реальных процессов и аппаратов, химических реакторов;</li> <li>2) провести анализ влияния параметров технологического процесса на экономические показатели производства и состояние окружающей среды.</li> </ol> <p><b>Владеть:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) базовыми навыками работы на современных компьютерах, практического использования современных программных средств различного назначения;</li> <li>2) навыками использования современных офисных систем и графических оболочек.</li> </ol> |  |                   |

### 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

Водоподготовка в химической технологии (ПК-1);

Реагентные методы очистки воды (ПК-1);

Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (ПК-1)

Производственная практика (технологическая практика) (ПК-1, ПК-4)

Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (ПК-2)

Математика (ПК-2);

Информатика (ПК-2);

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа (ПК-2);

Инженерная и компьютерная графика (ПК-2);

Физическая химия (ПК-4);

Электротехника и промышленная электроника (ПК-1)

Общая химическая технология (ПК-4);

Химия древесины и целлюлозы (ПК-4);

Технология целлюлозы, бумаги, картона и композиционных материалов (ПК-1, ПК-4));

Оборудование производства полуфабрикатов, бумаги и картона (ПК-1)

Сорбционные технологии переработки древесины (ПК-1)

Основы полиграфии и взаимодействие печатных красок с бумагой (ПК-1)

Полиэлектролиты (ПК-1)

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля  | Объем (часы)   |                       |                  |
|---|----------------|-----------------------|------------------|
|   | очное обучение | очно-заочное обучение | заочное обучение |
| <b>Учебный модуль 1. Общие вопросы моделирования химических производств</b>   |                |                       |                  |
| Тема 1. <b>Химико-технологические системы (ХТС)</b><br>Иерархическая структура современного химического предприятия. Химико-технологическая система как большая система. Основные положения системного анализа. Понятие физико-химической системы   | 4              |                       | 3                |
| Тема 2 <b>Компьютерные технологии как основа современного подхода к управлению технологическими процессами</b><br>Общая характеристика задач химической технологии, решаемых с применением компьютерных технологий: автоматизированные системы научных исследований, автоматизированное проектирование, автоматизированные системы управления технологическим процессом.  | 4              |                       | 3                |
| Тема 3. <b>Общие принципы моделирования ХТС</b><br>Математическое моделирование ХТС. Понятие модели, классификация моделей. Виды моделирования (физическое, математическое). Классификация математических моделей. Принципы математического моделирования процессов химической технологии. Исследование химико-технологических процессов методом математического моделирования. Блочный принцип построения математической модели ХТС. Классификация уравнений модели. Этапы построения математической модели ХТС.   | 8              |                       | 11               |
| <b>Текущий контроль 1</b> (устный опрос)  | 2              |                       |                  |
| <b>Учебный модуль 2. Детерминированный подход к моделированию</b>   |                |                       |                  |
| Тема 4. <b>Гидродинамическая структура однофазных потоков</b><br>Время пребывания элементов потока как случайная величина. Экспериментальное изучение распределения времени пребывания элементов потока. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока. Типовые модели структуры потоков: модель идеального перемешивания, модель идеального вытеснения, однопараметрическая диффузионная модель, ячеечная модель, комбинированные модели. Алгоритм идентификации математического описания структуры потоков.   | 18             |                       | 20               |
| Тема 5. <b>Теплообменные процессы</b><br>Основы теплового расчета. Проектный расчет теплообменного аппарата. Проверочный расчет теплообменного аппарата. Математические модели теплообменников: «перемешивание-перемешивание», «перемешивание-вытеснение», «вытеснение-вытеснение». Оптимальное проектирование теплообменного аппарата. Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации.   | 10             |                       | 20               |
| Тема 6. <b>Кинетика химических реакций</b><br>Основные понятия химической кинетики. Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Механизм химической реакции Простые и сложные реакции. Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения Стехиометрическая матрица.<br>Методы упрощения математической модели кинетики. Стехиометрически линейно зависимые и стехиометрически линейно независимые реакции. Линейные инварианты. Ключевые вещества.<br>Этапы идентификации математической модели кинетики химических реакций. Экспериментальное исследование кинетики химических реакций. Формулирование гипотез о возможных механизмах реакции. Разработка математической модели кинетики химических реакций. Формулирование критерия адекватности. Отыскание кинетических констант (параметрическая идентификация модели). | 12             |                       | 23               |
| Тема 7. <b>Массообменные процессы</b><br>Постановка задачи. Блочный принцип построения моделей массопередачи. Общая характеристика математического описания: уравнение баланса массы, уравнение равновесия, уравнение кинетики.<br>Пример моделирования процесса адсорбции. Уравнение материального   | 9              |                       | 18               |

| Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля   | Объем (часы)   |                       |                  |
|--|----------------|-----------------------|------------------|
|  | очное обучение | очно-заочное обучение | заочное обучение |
| баланса. Уравнение кинетики сорбции. Уравнение равновесия сорбции. Уравнение теплового баланса. Уравнение передачи тепла. Начальные и граничные условия.   |                |                       |                  |
| <b>Тема 8. Химические реакторы</b><br>Классификация химических реакторов. Математические модели процессов в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения. Каскад реакторов идеального смешения. Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешения. | 10             |                       | 10               |
| <b>Текущий контроль 2</b> (устный опрос)   | 3              |                       |                  |
| <b>Учебный модуль 3. Вероятностный подход к моделированию</b>  |                |                       |                  |
| <b>Тема 9. Функция одной переменной</b><br>Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости. Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости.  | 6              |                       | 5                |
| <b>Тема 10. Функции многих переменных</b><br>Множественная регрессия. Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка.   | 3              |                       | 5                |
| <b>Текущий контроль 3</b> (устный опрос)   | 1              |                       |                  |
| <b>Текущий контроль 3</b> (контрольная работа)   |                |                       | 17               |
| <b>Текущий контроль 3</b> (РГР)  | 18             |                       |                  |
| <b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b> (экзамен)  | <b>36</b>      |                       | <b>9</b>         |
| <b>ВСЕГО:</b>  | <b>144</b>     |                       | <b>144</b>       |

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

| Номера изучаемых тем | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|----------------------|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|                      | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| 1                    | 8              | 1            |                       |              | 10               | 1            |
| 2                    | 8              | 1            |                       |              |                  |              |
| 3                    | 8              | 4            |                       |              | 10               | 2            |
| 4                    | 8              | 6            |                       |              | 10               | 1            |
| 5                    | 8              | 4            |                       |              | 10               | 1            |
| 6                    | 8              | 4            |                       |              | 10               | 1            |
| 7                    | 8              | 4            |                       |              | 10               | 1            |
| 8                    | 8              | 2            |                       |              | 10               | 1            |
| 9                    | 8              | 1            |                       |              |                  |              |
| 10                   | 8              | 1            |                       |              |                  |              |
| <b>ВСЕГО:</b>        |                | <b>28</b>    |                       |              |                  | <b>8</b>     |

#### 3.2. Практические занятия

| Номера изучаемых тем | Наименование и форма занятий  | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|----------------------|---|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|                      |   | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| 2                    | Химико-технологические системы и компьютерные технологии (практическое занятие) | 8              | 2            |                       |              | 10               | 1            |
| 3                    | Общие принципы моделирования ХТС (практическое занятие)                         | 8              | 2            |                       |              | 10               | 1            |
| 4                    | Гидродинамическая структура однофазных потоков (практическое занятие)           | 8              | 6            |                       |              | 10               | 3            |

| Номера изучаемых тем | Наименование и форма занятий                                | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|----------------------|---|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|                      |   | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| 5                    | Теплообменные процессы (практическое занятие)               | 8              | 2            |                       |              | 10               | 1            |
| 6                    | Кинетика химических реакций (практическое занятие)          | 8              | 4            |                       |              |                  |              |
| 7                    | Массообменные процессы (практическое занятие)               | 8              | 2            |                       |              | 10               | 1            |
| 8                    | Химические реакторы (практическое занятие)                  | 8              | 6            |                       |              |                  |              |
| 9                    | Вероятностный подход к моделированию (практическое занятие) | 8              | 4            |                       |              | 10               | 1            |
| <b>ВСЕГО:</b>        |   |                | <b>28</b>    |                       |              |                  | <b>8</b>     |

### 3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

| Номера учебных модулей, по которым проводится контроль | Форма контроля знаний | Очное обучение |        | Очно-заочное обучение |        | Заочное обучение |        |
|--|-----------------------|----------------|--------|-----------------------|--------|------------------|--------|
|  |                       | Номер семестра | Кол-во | Номер семестра        | Кол-во | Номер семестра   | Кол-во |
| 1,2,3  | Устный опрос          | 8              | 3      |                       |        |                  |        |
| 1-3  | Контрольная работа    |                |        |                       |        | 10               | 1      |
| 3  | РГР                   | 8              | 1      |                       |        |                  |        |

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

| Виды самостоятельной работы обучающегося | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|--|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|  | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| Усвоение теоретического материала        | 8              | 16           |                       |              | 10               | 56           |
| Подготовка к практическим занятиям       | 8              | 18           |                       |              | 10               | 46           |
| Выполнение контрольной работы            |                |              |                       |              | 10               | 17           |
| Выполнение РГР                           | 8              | 18           |                       |              |                  |              |
| Подготовка к экзамену                    | 8              | 36           |                       |              | 10               | 9            |
| <b>ВСЕГО:</b>                            |                | <b>52+36</b> |                       |              |                  | <b>119+9</b> |

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

| Наименование видов учебных занятий | Используемые инновационные формы  | Объем занятий в инновационных формах (часы) |                       |                  |
|------------------------------------|---|---|-----------------------|------------------|
|                                    |   | очное обучение                              | очно-заочное обучение | заочное обучение |
| Практические занятия               | разбор конкретных ситуаций, опережающая самостоятельная работа; работа в команде, дискуссия, опрос, презентация домашнего задания | 4   |                       | 2                |
| <b>ВСЕГО:</b>                      |   | <b>4</b>                                    |                       | <b>2</b>         |

## 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Бочкарев В.В. Оптимизация химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бочкарев В.В.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 264 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34690>.— ЭБС «IPRbooks».

#### б) дополнительная учебная литература

2. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Закгейм А.Ю.— М.: Логос, 2012.— 304 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9103>.— ЭБС «IPRbooks».
3. Проблемно ориентированная информатика химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.В. Кравцов [и др.].— Томск: Томский политехнический университет, 2013.— 160 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34700>.— ЭБС «IPRbooks».

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Бельфор В.М. Математическое моделирование технологического объекта управления [Электронный ресурс]: учеб. пос. / В.М. Бельфор, В.Б. Попов, И.В. Антонишин. – СПб.: СПбГТУРП, 2013.– 34 с. - Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/2.pdf> - ЭБ ВШТЭ

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. <http://chemport.ru> – химический портал
2. <http://www.ep.espacenet.com> – база данных по патентам

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом (ноутбук или персональный компьютер, медиапроектор).

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Не предусмотрены

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

|   |   |
|---|---|
| Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся | Организация деятельности обучающегося   |
| Лекции  | Лекции являются теоретическим обеспечением дисциплины. На лекциях излагается основное содержание дисциплины, формулируются главные понятия и методология предмета. Содержание дисциплины иллюстрируется конкретными примерами, широко используется зарубежный и отечественный опыт по |



|   |   |
|---|---|
| Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся | Организация деятельности обучающегося   |
|   | <p>соответствующей тематике.</p> <p>Освоение лекционного материала обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Работа с конспектом лекций по данной дисциплине;</li> <li>• Чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы;</li> <li>• Просмотр российских и зарубежных периодических изданий; ресурсов Интернет.</li> </ul>  |
| Практические занятия                                      | <p>На практических занятиях преподавателем разъясняются теоретические положения курса, обучающиеся работают с конкретными ситуациями, овладевают навыками сбора, анализа и обработки информации для принятия самостоятельных решений, навыками подготовки информационных обзоров и аналитических отчетов по соответствующей тематике; навыками работы в малых группах; развивают организаторские способности по подготовке коллективных проектов.</p> <p>Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ: подготовка ответов к контрольным вопросам; просмотр рекомендуемой литературы, решение задач по алгоритму и др.</p>   |
| Самостоятельная работа                                    | <p>Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации, подготовки к экзамену. Самостоятельная работа выполняется индивидуально, а также может проводиться при участии преподавателя.</p> <p>Расчетно-графическая работа является важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом. Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний и развитие практических навыков по решению задач в области моделирования химико-технологических процессов, выработка навыков анализа данных и формулирования выводов по полученным результатам.</p> <p>Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя. В процессе выполнения расчетно-графической работы допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях. В случае оформления работы в соответствии с требованиями студент защищает работу.</p> <p>Контрольная работа выполняется в межсессионный период. Для эффективной подготовки и выполнения контрольной работы студенту заочного отделения необходимо: подобрать и проработать учебную литературу; выполнить контрольную работу в соответствии с предъявляемыми требованиями и предоставить ее в заочное отделение. Контрольная работа должна быть выполнена в отдельной тетради, аккуратно, разборчиво, исключая недопустимых сокращений. Перед ответом на каждый вопрос следует указать номер и формулировку вопроса. Контрольная работа может быть зачтена, не зачтена или оценена дифференциально по усмотрению преподавателя. В том случае, если работа студента не зачтена, она должна быть возвращена с замечаниями преподавателя на доработку студенту.</p> <p>При подготовке к экзамену необходимо проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.</p> |

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

| Код компетенции<br>(этап освоения) | Показатели оценивания компетенций  | Наименование оценочного средства                              | Представление оценочного средства в фонде  |
|------------------------------------|--|---|--|
| ПК-1 (2,3)                         | <p>1. Освоил основы метода математического моделирования в оптимизации и проектировании процессов химической технологии и биотехнологии.</p> <p>2. Способен разрабатывать математические модели типовых процессов химической технологии с учетом динамических свойств.</p> <p>3. Использует навыки построения математических моделей, основанных на физико-химических закономерностях химико-технологических процессов, для моделирования химических реакторов различных типов.</p>                                    | <p>1. Устное собеседование</p> <p>2. Практическое задание</p> | <p>1. Перечень вопросов к экзамену (34 вопроса)</p> <p>2. Практические задания (6 заданий)</p> |
| ПК-2 (3)                           | <p>1. Может применить принципы и методы построения математических моделей основных процессов химической технологии при разработке и эксплуатации современных крупнотоннажных промышленных предприятий.</p> <p>2. Использует компьютерные моделирующие системы для разработки и исследования эффективных процессов и аппаратов химической технологии.</p> <p>3. Применяет базовые навыки использования программных продуктов для решения конкретных задач по моделированию химико-технологических процессов.</p>        | <p>1. Устное собеседование</p> <p>2. Практическое задание</p> | <p>1. Перечень вопросов к экзамену (34 вопроса)</p> <p>2. Практические задания (6 заданий)</p> |
| ПК-4 (3)                           | <p>1. Способен применить модульный принцип разработки математического описания химико-технологических процессов промышленного основного и тонкого органического синтеза, а также производства высокомолекулярных соединений и переработки природного сырья.</p> <p>2. Проводит практические расчеты при исследовании реальных процессов и аппаратов, химических реакторов;</p> <p>3. Оценивает влияние параметров технологического процесса на экономические показатели производства и состояние окружающей среды.</p> | <p>1. Устное собеседование</p> <p>2. Практическое задание</p> | <p>1. Перечень вопросов к экзамену (34 вопроса)</p> <p>2. Практические задания (6 заданий)</p> |

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

| Оценка по традиционной шкале | Критерии оценивания сформированности компетенций   |
|------------------------------|--|
|                              | Устное собеседование   |
| отлично                      | <p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий знание основных областей применения композиционных материалов на основе органических пигментов, красителей и связующих и компьютерных технологий, а также глубокое понимание принципов их производства и функций, широкую эрудицию в оцениваемой области. Обучающийся может объяснить принципы создания таких материалов на основе имеющихся сведений о свойствах органических веществ и полимерных материалов, а также вероятные области применения разрабатываемых материалов. Могут присутствовать несущественные ошибки, не связанные с сутью обсуждаемой проблемы. Критический, оригинальный подход к материалу.</p> |

|                     |   |
|---------------------|---|
| хорошо              | Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации (материалы практических занятий, рекомендованная литература). Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки, большая часть которых может быть исправлена самостоятельно при устном собеседовании с преподавателем.                   |
| удовлетворительно   | Ответ неполный, основанный только на материалах лекций. Может перечислить виды композиционных материалов на органических связующих и области их применения. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов  |
| неудовлетворительно | Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Неспособность интерпретировать наблюдаемые или описываемые явления с позиций основных положений изученной дисциплины (вне зависимости от успешности выполненного письменного задания). |

\* **Существенные ошибки** – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).

\* **Несущественные ошибки** – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

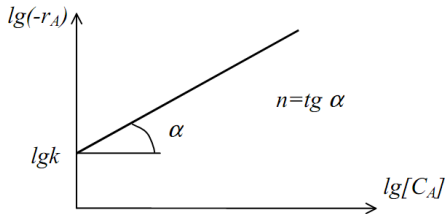
### 10.2.1. Перечень вопросов к экзамену, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

| № п/п | Формулировка вопросов   | № темы |
|-------|---|--------|
| 1     | Иерархическая структура современного химического предприятия. Химико-технологическая система как большая система.   | 1      |
| 2     | Основные положения системного анализа.  | 1      |
| 3     | Физико-химическая система.  | 1      |
| 4     | Автоматизированные системы научных исследований.  | 2      |
| 5     | Автоматизированное проектирование.  | 2      |
| 6     | Автоматизированные системы управления технологическим процессом.  | 2      |
| 7     | Математическое моделирование ХТС.   | 3      |
| 8     | Классификация моделей. Виды моделирования (физическое, математическое).   | 3      |
| 9     | Классификация математических моделей.   | 3      |
| 10    | Принципы математического моделирования процессов химической технологии. Исследование химико-технологических процессов методом математического моделирования.  | 3      |
| 11    | Блочный принцип построения математической модели ХТС. Этапы построения математической модели ХТС.   | 3      |
| 12    | Экспериментальное изучение распределения времени пребывания элементов потока. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока.  | 4      |
| 13    | Типовые модели гидродинамической структуры однофазных потоков: модель идеального перемешивания, модель идеального вытеснения, однопараметрическая диффузионная модель, ячеечная модель, комбинированные модели. | 4      |
| 14    | Алгоритм идентификации математического описания гидродинамической структуры однофазных потоков.   | 4      |
| 15    | Основы теплового расчета. Проектный и проверочный расчеты теплообменного аппарата.  | 5      |
| 16    | Математические модели теплообменников: «перемешивание-перемешивание», «перемешивание-вытеснение», «вытеснение-вытеснение».  | 5      |
| 17    | Оптимальное проектирование теплообменного аппарата.   | 5      |
| 18    | Основные понятия химической кинетики. Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения.   | 6      |
| 19    | Механизм химической реакции. Простые и сложные реакции.   | 6      |
| 20    | Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения. Стехиометрическая матрица.   | 6      |
| 21    | Методы упрощения математической модели кинетики.  | 6      |
| 22    | Идентификация математической модели кинетики химических реакций.  | 6      |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 23 | Экспериментальное исследование кинетики химических реакций. Формулирование гипотез о возможных механизмах реакции.                       | 6  |
| 24 | Разработка математической модели кинетики химических реакций. Формулирование критерия адекватности.                                      | 6  |
| 25 | Параметрическая идентификация модели.  | 6  |
| 26 | Блочный принцип построения моделей массопередачи.  | 7  |
| 27 | Общая характеристика математического описания процесса массопередачи: уравнение баланса массы, уравнение равновесия, уравнение кинетики. | 7  |
| 28 | Классификация химических реакторов.  | 8  |
| 29 | Математические модели процессов в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения.   | 8  |
| 30 | Каскад реакторов идеального смешения.  | 8  |
| 31 | Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешения.                      | 8  |
| 32 | Вероятностный подход к моделированию: выбор вида и определение параметров эмпирической монотонной зависимости.                           | 9  |
| 33 | Вероятностный подход к моделированию: выбор вида и определение параметров эмпирической немонотонной зависимости.                         | 9  |
| 34 | Вероятностный подход к моделированию: планирование эксперимента. Варианты факторных экспериментов.                                       | 10 |

### 10.2.2 Вариант типовых заданий (задач), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

| № п/п | Условия типовых заданий  | Ответ   |
|-------|--|---|
| 1     | Определите число опытов дробного факторного эксперимента с числом факторов $k=5$ и показателем дробности $p=2$ , приведите пример матрицы планирования.  | Число опытов дробного факторного эксперимента определяется по формуле $n=2^{k \cdot p}$ . Первые $(k-p)$ факторов строятся точно так же, как и в полном факторном эксперименте. Последующие факторы получаются по генерирующим соотношениям: $X_4=X_1X_2X_3$ , и $X_5=X_1X_2$ . |
| 2     | В некоей мономолекулярной реакции расходуется вещество А. В ходе экспериментального изучения реакции получены следующие данные, представленные в виде пар чисел «время; концентрация»:<br>(0; 100), (1; 54,78), (2; 30,01), (3; 16,44), (4; 9,01), (5; 4,93), (6; 2,70), (7; 1,48), (8; 0,81), (9; 0,44), (10; 0,24).<br>Представьте зависимость концентрации веществ от времени в виде уравнения. | Определяем методом средних точек вид экспериментальной зависимости. Наиболее точно отражает искомую зависимость уравнение вида:<br>$A(t)=b_0 \exp(b_1 t)$ , а именно<br>$A(t)=100,28 \cdot \exp(-0,6029 \cdot t)$ ( $R^2=1$ )   |
| 3     | На примере системы реакций первого порядка<br>$A \xrightleftharpoons[k_3]{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ составьте математическую модель кинетики химического процесса в соответствии с исходными данными:<br>$k_1 = 1,5$ [1/с]; $k_2 = 0,5$ [1/с]; $k_3 = 0,1$ [1/с];<br>$C_{a0} = 100$ [моль/л]; $C_{b0} = C_{c0} = 0$ .  | $\begin{cases} \frac{dC_a}{dt} = -k_1 \cdot C_a + k_3 \cdot C_b \\ \frac{dC_b}{dt} = k_1 \cdot C_a - k_3 \cdot C_b - k_2 \cdot C_b \\ \frac{dC_c}{dt} = k_2 \cdot C_b \end{cases}$ с начальными условиями при $t = 0$ , $C_{a0} = 100$ [моль/л], $C_{b0} = C_{c0} = 0$ .        |
| 4     | Графически определите кинетические параметры уравнения модели кинетики процесса $aA + bB \rightarrow cC$ .   | Дифференциальное уравнение скорости реакции имеет вид<br>$-r_A = \frac{dC_A}{d\tau} = k C_A^a C_B^b$ Полагая $a + b = n$ и приняв $[CA] =$  |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | <p>[СВ], после логарифмирования получим выражение</p> $-\lg r_A = (\lg k + n \lg [C_A]).$ <p>Искомый график выглядит следующим образом</p>  |
| 5 | <p>Для системы реакций<br/> <math>A_1 + A_2 - A_3 - A_4 = 0</math><br/> <math>-A_1 + 2A_3 - A_4 = 0</math><br/> определите количество инвариантов и ключевых веществ.</p> | <p>Количество инвариантов 2, количество ключевых веществ 2.</p>   |
| 6 | <p>Рассчитайте стоимость однопоточного теплообменника «труба в трубе» массой 860 кг, приняв оптовую цену теплообменника <math>C_{Топм} = 650</math> руб/кг.</p>           | <p>Расчет ведется по формуле:<br/> <math>C_T \approx C_{Топм} * G</math><br/> <math>C_T \approx 559</math> тыс. руб</p>   |

### 10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

#### 10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена, и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

#### 10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная\*

#### 10.3.3. Особенности проведения экзамена

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- В том случае, если ответ требует выхода в сеть Интернет для демонстрации навыков обучающегося, такой выход может быть предоставлен.
- Время на подготовку ответа по билету 40 минут, время ответа на билет не более 10 минут.
- Письменный конспект подготовки по билету может быть использован при обязательном устном собеседовании.